

BEITRÄGE

zur

Geologischen Karte der Schweiz

herausgegeben von der

Geologischen Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft
subventioniert von der Eidgenossenschaft

Neue Folge, 60. Lieferung

Des ganzen Werkes 90. Lieferung

MATÉRIAUX

pour la

Carte géologique de la Suisse

publiés par la

Commission géologique de la Société helvétique des Sciences naturelles
subventionnés par la Confédération

Nouvelle série, 60^e livraison

90^e livraison de la collection entière

Géologie de la Berra

Avec 5 figures dans le texte et 1 planche

Par

Jean Tercier

(Paru en mars 1928)

BERN

In Kommission bei A. Francke A.-G.

1928

Gedruckt bei Stämpfli & Cie.

BERNE

En commission chez A. Francke S. A.

1928

Imprimé par Stämpfli & Cie.

Preis: Fr. 8.—

BEITRÄGE

zur

Geologischen Karte der Schweiz

herausgegeben von der

Geologischen Kommission der Schweiz, Naturforschenden Gesellschaft
subventioniert von der Eidgenossenschaft

Neue Folge, 60. Lieferung

Des ganzen Werkes 90. Lieferung

MATÉRIAUX

pour la

Carte géologique de la Suisse

publiés par la

Commission géologique de la Société helvétique des Sciences naturelles
subventionnés par la Confédération

Nouvelle série, 60^e livraison

90^e livraison de la collection entière

Géologie de la Berra

Avec 5 figures dans le texte et 1 planche

Par

Jean Tercier

(Paru en mars 1928)

BERN

In Kommission bei A. Francke A.-G.

1928

Gedruckt bei Stämpfli & Cie.

BERNE

En commission chez A. Francke S. A.

1928

Imprimé par Stämpfli & Cie.

Préface de la Commission géologique.

Le 12 mars 1927, M. *J. Tercier* présenta à la Commission le manuscrit d'une monographie intitulée: «Géologie de la Berra»; la Commission accepta le travail et en décida la publication dans les «Matériaux».

Les fossiles récoltés, les spécimens de roches et les coupes minces sont déposés à l'Institut géologique de l'Université de Fribourg.

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

Bâle, le 10 décembre 1927.

Pour la Commission géologique
de la Soc. helv. des Sciences naturelles:

Le président:

Dr A. Buxtorf, prof.

Le secrétaire:

O. P. Schwarz.

Préface de l'auteur.

C'est en automne 1922 que je me suis décidé à entreprendre l'étude géologique détaillée de la région des Préalpes externes située en arrière de Fribourg. J'ai consacré les étés 1923 et 1924 au levé détaillé de la carte. Au printemps 1925, la carte et la description détaillée du massif de la Berra proprement dit étaient achevées. A la demande de M. le professeur *Alb. Heim*, président de la Commission géologique suisse, j'ai complété durant l'été 1925 mes levés pour les territoires situés à l'E de la Singine. J'ai profité en outre de semestres passés aux Universités de Berne et de Neuchâtel pour étudier plus spécialement les nombreuses roches exotiques de la Berra. Ces diverses circonstances ont donné à mon travail une ampleur que je ne prévoyais pas en commençant mes recherches.

Je tiens à remercier profondément tous ceux qui m'ont aidé dans mon travail.

A Fribourg, mon vénéré professeur, M. *R. de Girard*, m'a toujours vivement encouragé et j'ai trouvé dans son laboratoire l'hospitalité la plus généreuse. M. le professeur *P. Girardin* a mis à ma disposition sa riche bibliothèque. Grâce à l'obligeance de M. le professeur *M. Musy*, conservateur du Musée d'histoire naturelle, j'ai pu largement utiliser les collections scientifiques du musée qui m'ont rendu de grands services comme matériaux de comparaison.

Mais un peu isolé à Fribourg et me heurtant dans mon travail à des difficultés que je n'avais pas soupçonnées lors du choix de mon champs d'étude, j'ai reçu de partout où je me suis adressé des encouragements, des conseils, des renseignements extrêmement précieux qui sont pour beaucoup dans l'achèvement de ce travail.

A Lausanne, j'ai trouvé en M. le professeur *M. Lugeon* le maître plein d'intérêt pour mes recherches. Quant à *E. Gagnebin*, il a été pour moi le véritable ami et je lui dois trop pour ne pas lui témoigner ici toute ma reconnaissance.

M. le professeur *P. Arbenz* m'a accueilli à Berne avec une extrême bonté et je garde un profond souvenir des deux semestres passés dans son institut. M. le professeur *E. Hugi* a bien voulu m'aider dans l'étude microscopique souvent ingrate des roches exotiques.

A Neuchâtel, M. le professeur *E. Argand* m'a largement ouvert son magnifique institut. M. *A. Jeannet* m'a rendu de précieux services pour la détermination des faunes provenant des lames tectoniques et des blocs exotiques.

M. *A. Tobler* à Bâle a bien voulu examiner certains Foraminifères.

Je tiens enfin à remercier la Commission géologique suisse de sa bienveillance à mon égard. En 1925, M. le professeur *Alb. Heim* a accepté ma carte géologique de la Berra pour les Matériaux. En 1927, sous la présidence de M. le professeur *A. Buxtorf*, la Commission a admis également le texte présent relatif à la Berra.

Une nouvelle disposition pour la publication des feuilles topographiques levées au point de vue géologique n'a pas permis l'impression de ma carte de la Berra dont les quatre feuilles constitutives se trouvent selon le nouvel arrangement faire partie de groupements différents. Je le regrette pour ma part d'abord pour le retard considérable avec lequel successivement seront imprimés les divers secteurs de la Berra, ensuite pour le texte ci-joint dont la compréhension est rendue évidemment difficile par l'absence de carte.

Fribourg, le 1^{er} novembre 1927.

Jean Tercier.

Table des matières.

<i>Préface de la Commission géologique</i>	II
<i>Préface de l'auteur</i>	III
<i>Bibliographie</i>	V
Introduction	1
Aperçu géologique et topographique	1
Historique	1

PREMIÈRE PARTIE.

Le Flysch des Préalpes externes.

Chapitre premier.

Stratigraphie

A. Wildflysch	3
I. Généralités	3
II. Description régionale	4
III. Entités pétrographiques	7
1° Les grès et les schistes	7
2° Les calcaires	8
3° Brèches, conglomérats et blocs exotiques	10
4° Roches à Nummulites	14
IV. Age du Wildflysch	18
Description détaillée des roches exotiques	18
Remarque préliminaire	18
Roches cristallines	19
Roches sédimentaires	28
Le mode de formation des brèches et des blocs exotiques	36
Le lieu d'origine des blocs exotiques	37
B. Lames tectoniques	39
I. Généralités	39
II. Description régionale	39
1° Lames des Paquiers	39
2° Lames du Burgerwald et de Kloster	41
3° Lames des Echelettes	44
4° Lames du Hohberg	44
III. Conclusions	47
C. Grès du Gurnigel	48
I. Généralités	48
II. Entités pétrographiques	49
1° Complexes des grès	49
2° Les arkoses et les brèches cristallines	52
3° Les marnes et les calcaires	54
4° Zone schisteuse d'Hellstätt	54
III. Paléontologie et âge	55
1° Historique	55
2° Nature des roches nummulitiques	57
3° Principaux niveaux nummulitiques	57
4° Foraminifères macroscopiques	61
5° Autres organismes fossiles	62
Caractère général de la sédimentation du Flysch de la Berra	65
Comparaisons	66

Chapitre 2.	page
Tectonique	
I. Généralités	68
II. Description régionale	69
III. Conclusion	74

DEUXIÈME PARTIE.

Molasse subalpine.

Chapitre premier.

Stratigraphie

A. Grès de la Guiga	76
I. Généralités	76
II. Caractères différentiels	77
III. Extension	78
B. Molasse d'eau douce inférieure	79
I. Extension	79
II. Les roches	80
III. Paléontologie et âge	81
IV. Faciès et puissance de la Molasse oligocène	81
C. Molasse marne	82
I. Généralités	82
II. Les roches	83
III. Paléontologie et âge	83

Chapitre 2.

Tectonique

I. Généralités	84
II. Tectonique de la Molasse marine	84
III. Tectonique de la Molasse oligocène	86

TROISIÈME PARTIE.

Les relations tectoniques de la chaîne de la Berra.

Quelques considérations générales sur la tectonique de la Berra	88
Le lieu d'origine du Flysch de la Berra	89

QUATRIÈME PARTIE.

Terrains quaternaires.

Chapitre premier.

Glaciaire

I. Généralités	92
II. Glacier du Rhône	92
1° Glaciation de Riss	92
2° Glaciation de Würm	97
III. Glaciers secondaires des Préalpes médianes	100
IV. Glaciaire local	101
V. Chronologie des dépôts glaciaires	104

Chapitre 2.

Dépôts modernes

Eboulis, Eboulements, Glissements, Phénomènes de tassement	107
Cônes de déjection	109
Sources	109
Tourbes et marais	109
Tuf calcaire	110
Remarques sur quelques cours interglaciaires	110

Bibliographie.

1. 1825. **B. Studer.** Beiträge zu einer Monographie der Molasse. Bern.
2. 1834. **B. Studer.** Geologie der westlichen Schweizeralpen. Bern.
3. 1851. **B. Studer.** Geologie der Schweiz, Bd. 2.
4. 1867. **A. Favre.** Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont Blanc, t. 2.
5. 1873. **V. Gilliéron.** Notice géologique sur les Alpes du canton de Fribourg. *Acta, Fribourg.*
6. **V. Gilliéron.** Aperçu géologique sur les Alpes de Fribourg et description spéciale du Montsalvens. *Mat. carte géol. de la Suisse*, livr. 12.
7. 1880. **Ph. de la Harpe.** Note sur les Nummulites Partschi et Oosteri. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XVII, p. 33—40.
8. 1882. **F. Doge.** Nummulites du Flysch. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XIX, p. 11.
9. 1884. **H. Schardt.** Etudes géologiques sur le Pays d'Enhaut. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XX, p. 1—183.
10. 1885. **V. Gilliéron.** Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne, compris sur la feuille XII. *Mat. carte géol. de la Suisse*, livr. 18.
11. 1886. **F. J. Kaufmann.** Emmen- und Schliereנגegenden nebst Umgebung. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, Lfg. 24.
12. 1887. **E. Favre et H. Schardt.** Description géologique des Préalpes du canton de Vaud et du Chablais. *Mat. carte géol. de la Suisse*, livr. 22.
13. **A. Gremaud.** Notice sur le projet d'endiguement de la Gérine. Fribourg.
14. **G. Maillard.** Considérations sur les fossiles décrits comme Algues. *Mém. Soc. pal suisse*, vol. XIV.
15. 1890. **J. Früh.** Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. *Neue Denkschriften*, Bd. XXX.
16. **J. Früh.** Gesteinsbildende Algen der Schweizeralpen. *Abh. Schweiz. pal. Ges.*, vol. XVII.
17. 1893. **H. Schardt.** Sur l'origine des Préalpes romandes. *Arch. Sc. phys. et nat. Genève*, 3^e pér., vol. XXX.
18. **C. Sarasin.** Die Conglomerate und Breccien des Flysch in der Schweiz. *N. Jahrb. f. Min. u. Pal.*, Bd. VIII, p. 180—215.
19. 1894. **C. Sarasin.** De l'origine des roches exotiques du Flysch. *Arch. Sc. phys. et nat. Genève*, 3^e pér., vol. XXX et XXXII.
20. 1896. **H. Douxami.** Etudes sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale. *Ann. de l'Univ. de Lyon.*
21. 1897. **H. Schardt.** Les Préalpes romandes (zone du Stockhorn-Chablais). *Bull. Soc. neuch. Sc. nat.*, vol. XI, p. 5—26.
22. 1898. **H. Schardt.** Les régions exotiques du versant nord des Alpes suisses. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XXXIV, p. 114—219.
23. 1901. **M. Lugeon.** Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. Soc. géol. de France*, IV^e sér., vol. I, p. 723—825.
24. 1902. **H. Douxami.** Révisions des feuilles d'Annecy et de Thonon. *Bull. carte géol. France*, campagne 1902, n^o 91, p. 124—131.
25. 1906. **Arn. Heim.** Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge. *Ecl. geol. helv.*, vol. IX, p. 386—387.
26. **F. Nussbaum.** Die eiszeitliche Vergletscherung des Saangebietes. Inaug.-Diss. Bern.
27. 1907. **A. Engelke.** Die Ebene von Bulle. *Mém. Soc. frib. Sc. nat.*, t. IV, fasc. 3.
C. Sarasin et L. Collet. La zone des cols et la géologie du Chamossaire. *Arch. Sc. phys. et nat. Genève*, t. 24, p. 586—608.
28. **Arn. Heim.** Über den Berglitenstein und die Grabser-Klippen. *Ecl. geol. helv.*, vol. IX.
29. **Arn. Heim.** Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch. *Ecl. geol. helv.*, vol. IX.
30. **Arn. Heim.** Über das Profil von Seewen-Schwyz und den Fund von Habkerngranit in der Nummulitenbildung. *Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich.*
31. **E. Bernet.** La zone des Cols entre Adelboden et Frutigen. *Ecl. geol. helv.*, vol. X, p. 213—292.

32. **H. Schardt.** Géologie de la Suisse. *Extrait de «La Suisse».*
33. **Arn. Heim.** Die Nummuliten- und Flyschbildung der Schweizeralpen. *Abh. Schweiz. pal. Ges.*, vol. XXXV.
34. 1909. **F. Damm.** Die Vaulruzmolasse. — Das Kalkgebirge bei Châtel-St-Denis. Inaug.-Diss. Freiburg.
35. **G. Michel.** Les coudes de captures en pays fribourgeois. *Mém. Soc. frib. Sc. nat.*, vol. VII.
36. 1910. **Arn. Heim.** Monographie der Churfürsten-Mattstock-Gruppe, 1. Teil. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. XX.
37. 1911. **W. Paulcke.** Tertiärfossilien aus der Niesenzone der Freiburger Alpen. *Jahrb. u. Mitt. d. oberrhein. geol. Ver.*, N. F. I.
38. **E. Argand.** Les nappes de recouvrement des Alpes pennines et leurs prolongements structuraux. *Mat. carte géol. de la Suisse*, N. S., livr. XXVII, *carte spéciale*, n° 64.
39. **R. de Girard.** Tableau des terrains de la région fribourgeoise. *Mém. Soc. frib. Sc. nat.*, vol. II, fasc. 2.
40. **E. Dillenius.** Neuere Untersuchungen im Tertiärgebiet am Nordrand der Freiburger Alpen. Inaug.-Diss. Freiburg.
41. **P. Beck.** Über das Substratum der medianen Präalpen und seine Beziehungen zu den Habkern- und Bündnerdecken. *Ecl. geol. helv.*, vol. XI, p. 736—739.
42. **P. Beck.** Geologie der Gebirge nördlich von Interlaken. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. XXXIV.
43. **L. Rollier.** Révision de la Stratigraphie et de la Tectonique de la Molasse au N des Alpes et de la Molasse subalpine en particulier. *Nouv. Mém. Soc. helv. Sc. nat.*, t. 46.
44. **J. Boussac.** Etudes paléontologiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. carte géol. détaillée de la France*.
45. 1912. **J. Boussac.** Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. carte géol. détaillée de la France*.
46. **P. Beck.** Die Niesen-Habkerndecke und ihre Verbreitung im helvetischen Faciesgebiet. *Ecl. geol. helv.*, vol. XII, p. 65—147.
47. **R. Behmer.** Die erratischen Blöcke in der Freiburger Ebene. Inaug.-Diss. Freiburg.
48. **B. Aeberhardt.** L'ancien glacier de l'Aar et ses relations avec celui du Rhône. *Ecl. geol. helv.*, vol. XI, p. 752—771.
49. 1913. **R. Schider.** Geologie der Schrattenfluh im Kanton Luzern. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., XLII.
50. **R. de Girard et R. de Buman.** Les gîtes d'hydrocarbures de la Suisse occidentale. *Mém. Soc. frib. Sc. nat.*, vol. VIII, fasc. 1.
51. 1914. **M. Lugeon.** Sur la présence de lames cristallines dans les Préalpes et leurs significations. *C. R. de l'Acad. d. Sc.*, séance du 16 nov. 1914.
52. **M. Lugeon.** Sur quelques conséquences de la présence de lames cristallines dans le soubassement de la zone du Niesen. *C. R. de l'Acad. d. Sc.*, séance du 7 déc. 1914.
53. **L. Horwitz.** Sur l'extension du glacier du Rhône dans les Alpes fribourgeoises pendant l'époque glaciaire. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 50, séance du 3 juin 1914.
54. 1915. **H. Adrian.** Geologische Untersuchung der beiden Seiten des Kandertals im Berner Oberland. *Ecl. geol. helv.*, vol. XIII, p. 238—351.
55. **C. Sarasin.** La zone des Cols entre Rhône et Grande Eau. *Arch. Sc. phys. et nat. Genève*, 4^e pér., T. XL.
56. 1916. **M. Lugeon.** Sur l'origine des blocs exotiques du Flysch préalpin. *Ecl. geol. helv.*, vol. XIV, p. 217—221.
57. **D. Trümpy.** Geologische Untersuchungen im westlichen Rhätikon. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. XLVI, II. Abt.
58. 1916—1922. **Alb. Heim.** Geologie der Schweiz.
59. 1916. **L. Rollier.** La genèse des Alpes. *Actes Soc. jurass. d'émulation*, année 1915.
60. 1917. **E. Gagnebin.** La tectonique des Préalpes et le problème du Wildflysch. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 51, proc. verb. séance du 4 avril 1917.
61. 1918. **A. Jeannet.** Monographie géologique des Tours d'Aï. 2^e partie. *Mat. carte géol. de la Suisse*, N. S., livr. XXXIV.
62. **A. Buxtorf.** Über die tektonische Stellung der Schlieren- und der Niesen-Flyschmasse. *Verhandl. Natf. Ges. Basel*, Bd. XXIV.

63. 1919. **P. Arbenz.** Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen. «Heim-Festschrift», *Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich*, Bd. LXIV.
64. **H. Kurberg.** Neuere Untersuchungen über die tertiäre Negelfluth im Gebiete zwischen Aare und dem Genfersee. Inaug.-Diss. Freiburg.
65. 1920. **F. Rabowski.** Les Préalpes entre le Simmental et le Diemtigtal. *Mat. carte géol. Suisse*, N. S., livr. XXXV.
66. **H. Schardt.** Sur les cours interglaciaires et préglaciaires dans le canton de Fribourg. *Ecl. géol. helv.*, vol. XV.
67. **E. Baumberger.** Über das Alter der Vaulruz- und Ralligschichten. *Ecl. géol. helv.*, vol. XVI, p. 137 à 138.
68. **H. Buess.** Über die subalpine Molasse im Kanton Freiburg. Inaug.-Diss. Freiburg.
69. **Arn. Heim.** Geologie des Mont Bifé am Freiburger Alpenrand. *Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich*, Bd. LXV, p. 435—461.
70. 1921. **H. Mollet.** Geologie der Schafmatt-Schimbergkette. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. 47.
71. **A. Ochsner.** Geologie des Fluhbrig und der nördlich anschliessenden Flyschgebiete. Promotionsarbeit, Zürich.
72. 1922. **E. Gerber.** Zur Geologie des Gurnigels. *Ecl. géol. helv.*, vol. XVI, p. 546—547.
73. **E. Gerber.** Bericht über die Exkursion B der schweizerischen geologischen Gesellschaft ins Gurnigel-Stockhorngebiet, 1. Teil. *Ecl. géol. helv.*, vol. XVII, p. 410—416.
74. **P. Beck.** Über autochthone und allochthone Dislokationen in den Schweizeralpen und ihrem nördlichen Vorland. *Ecl. géol. helv.*, vol. XVII, p. 94—111.
75. **P. Beck.** Das stampische Alter der Thuner Nagelfluth und deren Bedeutung für den Bau des Alpenrandes. *Mitt. Natf. Ges. Bern*.
76. **P. Beck.** Der Alpenrand bei Thun. *Ecl. géol. helv.*, vol. XVII, p. 318—000. — Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, geotechn. Serie, Lfg. 8.
77. 1923. **L. Vonderschmitt.** Die Giswiler Klippen und ihre Unterlage. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. 50, 1. Abt.
78. **O. Büchi.** Geologische Untersuchungen im Gebiete der Préalpes externes zwischen Valsainte und Bulle. *Mém. Soc. frib. Sc. nat.*, vol. X, fasc. 1.
79. **Arn. Heim.** Der Alpenrand zwischen Appenzell und Rheintal (Fähnern-Gruppe) und das Problem der Kreide-Nummuliten. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. 53.
80. **L. Rollier.** Supracrétacique et Nummulitique dans les Alpes suisses orientales. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. 53.
81. 1924. **E. Gagnebin.** Description géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 2, n° 1.
82. **E. Ritter.** Stratigraphie und Tektonik der kohlenführenden Molasse zwischen Genfersee und Saanetal. *Ecl. géol. helv.*, vol. XVIII.
83. **R. Staub.** Der Bau der Alpen. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. 52.
84. **W. à Wengen.** Geologische Untersuchungen im Gebiete des Vanil Noir. Promotionsarbeit, Zürich.
85. **H. P. Cornelius.** Zum Problem der exotischen Blöcke und Gerölle im «Flysch» des Allgäu. *Jahrb. der Geol. Bundesanstalt*, Wien 1924.
86. 1925. **E. Gerber.** Geologie des Gurnigels und der angrenzenden subalpinen Molasse. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., Lfg. 80, 2. Abt.
87. **J. Tercier.** Sur la géologie de la Berra et l'emplacement originel du Flysch des Préalpes externes. *Bull. Soc. frib. Sc. nat.*, procès-verbal du 30 avril 1925.
88. **E. Baumberger.** Die subalpine Molasse von Luzern. *Ecl. géol. helv.*, vol. XIX, p. 165—167.
89. **E. Baumberger.** Versuch einer Umdeutung der Profile durch die subalpine Molasse der Zentral- und Ostschweiz. *Ecl. géol. helv.*, vol. XIX, p. 192.
90. 1926. **J. Tercier.** Compte-rendu de l'excursion de la Société géologique suisse dans les Préalpes fribourgeoises (Berra). *Ecl. géol. helv.*, vol. XX, p. 259—267.
-

Introduction.

Aperçu géologique et topographique.

La chaîne de la Berra proprement dite, qui s'allonge au S et SE de Fribourg, fait partie de la nappe des Préalpes externes (Préalpes bordières).

Entre le lac Léman et l'Aar on distingue généralement dans cette unité tectonique 4 segments ou massifs :

- 1^o le massif Pléiades-Niremout entre Montreux et Bulle;
- 2^o la plaine de Bulle et le massif du Montsalvens entre Bulle et le col de Bodevenaz;
- 3^o le massif de la Berra entre le col de Bodevenaz et la Singine chaude (Warme Sense);
- 4^o le massif Pfeife-Gurnigel entre la Singine chaude et Blumenstein.

Au S du lac Léman cette nappe se prolonge par les Voirons, le Vuan et les collines du Faucigny. A l'E de l'Aar elle est représentée principalement dans la région d'Habkern et des Schlieren.

Le Flysch est le terrain prépondérant des Préalpes externes, de là le nom qui leur est encore quelquefois donné de « zone externe du Flysch ». Mais ce terrain, très monotone en soi et peu varié, a pâti devant l'intérêt bien plus considérable, ou du moins plus direct, qu'offraient les formations mésozoïques si variées contenues dans sa masse ou reposant sous lui.

Dans le massif de la Berra l'absence presque totale des roches mésozoïques donne au Flysch une place tout à fait prépondérante; c'est d'ailleurs dans ce segment qu'il trouve son développement le plus considérable et il constitue avec la Berra (1723 m.) le point culminant de la chaîne à l'W de la Singine ¹⁾.

La chaîne de Flysch de la Berra repose sur la Molasse subalpine. Ce soubassement molassique fait d'ailleurs corps avec la région préalpine, et, à ce titre, rentre au moins en partie dans l'étude de la Berra.

La région que j'ai étudiée est comprise sur les feuilles topographiques n^o 347 (La Roche), 350 (Plasselb), 361 (Berra), 364 (Schwarzsee). Les deux premières feuilles ont été levées entièrement, les deux suivantes jusqu'aux limites marquées par le massif Bifé-Montsalvens à l'W, par les Préalpes médianes au S.

Historique.

On doit à *Bernhard Studer* la première description un peu sérieuse de la géologie de la Berra. En 1825, dans ses « *Beiträge zu einer Monographie der Molasse* » (1) ce savant a donné une remarquable définition du Flysch de la bordure externe des Préalpes. Ayant choisi la région du Lac Noir comme point de départ de ses recherches sur la distinction pétrographique du Flysch d'avec la Molasse, il n'a, de ce fait, caractérisé que le Grès du Gurnigel, mais d'une si parfaite manière qu'il n'y a rien à ajouter ni à retrancher à sa définition. Dans la « *Geologie der westlichen Schweizeralpen* » (2), parue en 1837, on a sur la Berra et le Flysch de la zone externe une très belle vue d'ensemble qui occupe d'ailleurs plus de 50 pages. Il faut en particulier noter dans cet ouvrage la préoccupation de *Studer* de retrouver en Suisse et même au delà, des terrains assimilables au Grès du Gurnigel. La « *Geologie der Schweiz* » (3) du même auteur n'ajoute rien d'important aux deux précédents travaux.

¹⁾ A l'E de la Singine, la Berra est dépassée en altitude par le Seelibühl (SW du Gurnigel) qui atteint 1753 m. Cette remarque m'a paru utile, car, fréquemment, on trouve, même chez des auteurs très au courant de la géographie de la région, tel *Gilliéron* (6, p. 2; 10, p. 3), la Berra indiquée comme le point culminant de toute la chaîne.

Après *Studer* il n'y aurait en somme qu'un seul nom à citer, mais essentiel, celui de *V. Gilliéron* dont l'œuvre a servi de base à toutes les recherches ultérieures. Les premiers résultats des études si consciencieuses de cet excellent géologue parurent en 1873 (6) : à côté d'un aperçu général de la géologie de la Berra, *Gilliéron* décrit de façon extrêmement précise les territoires situés au N du massif du Montsalvens, ce dernier faisant l'objet principal du volume. Mais c'est dans le volume 18 des « Matériaux » (10) qu'on trouve l'étude la plus complète et la plus exacte sur la Berra. Ayant à sa charge, en plus de vastes territoires molassiques, une partie des Préalpes fribourgeoises et toutes les Préalpes bernoises, *Gilliéron* a dû passer un peu rapidement sur les régions de Flysch pour s'attacher davantage aux chaînes calcaires qu'il a admirablement débrouillées ; ceci ne diminue en rien les mérites de ce savant dont toutes les descriptions sont rigoureusement exactes. Ne s'attardant pas dans les théories et les hypothèses, les descriptions minutieuses des nombreux faits qu'il a découverts contiennent une foule d'observations très fines dont la valeur souvent n'est apparue que plus tard.

Depuis *Gilliéron* un seul travail a été consacré exclusivement à la chaîne de la Berra, celui de *E. Dillenius*, intitulé : « Neuere Untersuchungen im Tertiärgebiet am Nordrand der Freiburger Alpen » (40). A part un ou deux faits propres à la Molasse, ce travail n'apporte vraiment rien qui mérite une mention quelconque.

Je cite également ici les « Gites d'hydrocarbures de la Suisse occidentale » de *R. de Girard* et *E. de Buman* (50), mémoire consacré en majeure partie à la question du dégagement de gaz inflammable au Burgerwald et la thèse récente de *H. Buess* sur la Molasse subalpine du canton de Fribourg (68) qui relate de très nombreux faits observables dans la zone de la Berra.

Un certain nombre d'autres travaux ne considèrent que certaines questions spéciales dans la région que j'ai étudiée. J'aurai l'occasion de m'en occuper au cours du présent travail de sorte qu'il ne m'a pas paru opportun de les mentionner ici.

Première Partie.

Le Flysch des Préalpes externes.

Chapitre premier.

Stratigraphie.

Favre et *Schardt* écrivaient en 1887, au sujet du Flysch des Préalpes: «Même pétrographiquement, on ne peut pas, dans la plupart des cas, établir des subdivisions ou niveaux dans une même zone de Flysch. Nous en avons déjà fait remarquer les raisons. Cela est d'autant plus surprenant que la puissance de ce terrain atteint dans certaines régions au moins 1500 m. sinon davantage» (12, p. 181). L'une des raisons principales invoquées par ces géologues est que cette formation garde toujours le même caractère et que les mêmes roches, grès, brèches, schistes, etc., se répètent indéfiniment.

Il est cependant deux niveaux, l'un essentiellement gréseux, l'autre plus franchement schisto-marneux, que *V. Gillieron*, *E. Favre* et *H. Schardt*, d'autres géologues encore ont reconnus d'une manière plus ou moins explicite à certains endroits. Les études plus récentes ont permis d'en préciser le sens et d'établir dans le Flysch des Préalpes externes des subdivisions stratigraphiques. Leur nombre peut varier. A la Berra, ces subdivisions se ramènent à deux: le **Wildflysch** ou niveau inférieur et le **Grès du Gurnigel** ou niveau supérieurs.

La mise en place du Flysch des Préalpes externes jusqu'au delà de la marge de l'avant-pays molassique est le résultat de phénomènes de charriage extrêmement compliqués. Au cours de ces dislocations, des terrains étrangers au Flysch ont été entraînés avec lui. Ils peuvent former des unités bien individualisées, tel le massif du Montsalvens. A la Berra, leur rôle est tout à fait accessoire: réduits à d'étroites bandes pincées et écrasées dans les schistes du Wildflysch, ils forment ce qu'on appelle des **lames tectoniques**. Les terrains qui les constituent sont donc foncièrement distincts du Flysch et si je les traite immédiatement après le Wildflysch, c'est pour mieux faire valoir leur complète indépendance stratigraphique vis-à-vis de ce niveau du Flysch duquel on ne les a pas toujours séparés.

Nous aurons donc successivement à considérer:

- A. Le Wildflysch.
- B. Les lames tectoniques.
- C. Le Grès du Gurnigel.

A. Wildflysch.

I. Généralités.

Dans la chaîne des Préalpes externes on a désigné autrefois le Wildflysch, sans d'ailleurs préciser ni sa signification ni son extension demeurée très vague, par le nom de *Flysch schisteux* ou *Flysch à Fucoïdes*. Ces appellations d'ailleurs ont été appliquées à d'autres terrains qu'au Wildflysch, de sorte qu'il vaut mieux s'en abstenir désormais. Le Wildflysch est caractérisé lithologiquement par l'abondance des schistes marneux, souvent argileux ou argilo-marneux, noirs, verts, ou gris foncé, au milieu desquels sont intercalés, stratigraphiquement mais toujours d'une manière subordonnée, des bancs de roches très variées. Généralement ce sont des grès fins ou grossiers, des grès bréchoïdes passant à une brèche ou à un conglomérat à petits éléments, localement à éléments volumineux; lorsque le ciment

fait défaut, ces éléments noyés dans les schistes forment ce qu'on appelle les blocs exotiques. Une autre roche très typique est le quartzite vert (Ölquartzite). Enfin on trouve toujours des calcaires très divers, calcaires à habitus gréseux, calcaires clairs et compacts, à foraminifères discernables en coupes minces seulement, calcaires marneux d'aspect plus banal.

Ses caractéristiques tectoniques sont également importantes, d'abord le « faciès de broyage » que revêt souvent tout le complexe, ensuite la présence dans sa masse de lames de terrains très variés introduites mécaniquement.

II. Description régionale.

Le Wildflysch de la Berra se répartit sur 3 zones :

- a) zone des Paquiers;
- b) zone du versant externe de la Berra;
- c) zone méridionale Echelettes-Hohberg-Ladengrat.

Tandis que dans la première zone il occupe de larges espaces, il ne forme dans les deux suivantes qu'une bande étroite et laminée, visible à certains endroits seulement.

Enfin sur la colline molassique de Derrière-Château, en plein pays molassique, on trouve un lambeau de Wildflysch qui mérite une mention toute particulière.

a) Zone des Paquiers.

La zone des Paquiers est la partie de la chaîne de la Berra qui débute à l'E du Bifé, au col de Bodevenaz pour prendre fin près du sommet de la Berra sous lequel elle s'enfonce. C'est le prolongement non pas du massif du Montsalvens mais bien de la chaîne de Flysch. Mais grâce à sa proximité du tronçon Bifé-Montsalvens, ce secteur a eu l'avantage d'être compris dans les descriptions du massif calcaire. *V. Gilliéron*, dans sa magnifique monographie de 1873 (6), l'a décrit très en détail et y a découvert l'essentiel. En 1920, *Arnold Heim*, mettant au point la géologie du Montsalvens, y a apporté quelques faits et interprétations nouvelles (69, p. 450 et 457—458). Enfin, en 1923, la thèse de *O. Büchi* en donne une nouvelle description et sa carte de la région entre Bulle et la Valsainte contient la majeure partie de cette zone (78).

Après ces travaux, dont les deux derniers très récents, on aurait pu croire la région épuisée. Mais en la parcourant je n'ai pas tardé à constater qu'une nouvelle révision s'imposait. L'étude des blocs exotiques et des diverses lames pincées dans le Wildflysch m'a fourni bien des résultats nouveaux. En outre il m'a été possible de préciser la stratigraphie du Flysch traitée sommairement sur la carte de *O. Büchi*.

On peut distinguer dans cette zone deux parties : le Wildflysch du versant externe ou des Paquiers proprement dit et celui du versant interne ou des Botteys.

Wildflysch du versant externe. La formation se reconnaît facilement, comprise qu'elle est entre le Grès de la Guiga (Molasse stampienne) d'une part, le Grès du Gurnigel d'autre part. Les schistes tendres du Wildflysch ont donné naissance à un replat qu'occupent des terrains marécageux et des pâturages très humides alors que les deux autres formations, encadrantes, ont des versants boisés à pente accentuée.

Autour de la Chablex et de la Téraillonnaz, les meilleurs affleurements sont marqués par les roches nummulitiques de la Chablex qui se prolongent vers le N-NE sous forme de brèche polygénique. Un peu partout le Wildflysch a glissé, entraînant dans son mouvement de descente de gros paquets de terrain. Dans la région de au Saut, les affleurements sont meilleurs, soit au-dessus du chalet 1317, soit en arrière du chalet 1270; il s'agit surtout de schistes marneux et argileux. Il en est de même dans les ravins qui avoisinent la Rescherne, puis à maints endroits dans les abords de Gîte du Commun; derrière ce chalet on trouve, au milieu de schistes, de grès et de calcaires à Fucoïdes, des bancs de calcaires compacts et de petites brèches qui se répètent à plusieurs reprises jusqu'à la crête. Au S de Montagnetta, le Wildflysch est bien à découvert dans les nombreux ravins qui déchirent le sol.

Wildflysch du versant interne. La forêt s'est emparée de la vaste couverture de débris de la région de la Joux-derrey. Ces débris proviennent en partie de bancs de Grès du Gurnigel qui ont glissé de la crête des Paquiers. Une autre partie a été fournie par le Wildflysch lui-même qui constitue la roche en place comme en témoigne la lame compliquée du R. de la Joux-derrey incluse dans ce terrain et les affleurements d'en Allière. A l'W de ce dernier chalet, O. Büchi a signalé la présence de calcaires turoniens (Seewerkalk); le calcaire qui apparaît à cet endroit en fragments nombreux n'est guère discernable de celui qu'on observe dans le Wildflysch; cependant l'abondance des fragments et l'absence d'autres roches parlent plutôt en faveur du Crétacé supérieur. Par contre, le Wildflysch se voit nettement une centaine de mètres plus loin, dans le lit du ruisseau d'en Allière; l'affleurement a une longueur de 15 m. environ et montre des bancs de grès.

A l'E d'en Allière, dans la région des Botteys, on observe largement le Wildflysch qui présente alors son extension maximale. En plus des roches qui lui sont communes ailleurs, il contient des séries schisteuses d'un calcaire bleuâtre assez spécial. Notons dès maintenant le développement considérable des brèches et des blocs exotiques; je reviendrai plus loin sur la nature et l'extension de ces diverses roches.

b) Zone du versant externe de la Berra.

La région des Paquiers mise à part, le Wildflysch n'apparaît le long du versant externe du Cousimbert, des Muschenegg et du Schweinsberg qu'à quelques endroits privilégiés, ne montrant encore que des affleurements de très peu d'étendue. C'est le cas pour celui du R. des Roches: le Wildflysch qui fait suite au Grès de la Guiga n'a guère plus de 20 m. d'épaisseur; les schistes marneux se distingueraient difficilement de ceux du terrain sous-jacent, n'était la présence au milieu d'eux de blocs de calcaire compact du Malm et l'existence de quartzite vert.

Au Burgerwald, dans cette zone forestière en dessous de la paroi des Muschenegg, on le retrouve à trois endroits, et son apparition là est due en partie à des accidents tectoniques. A l'W de la Gipsfluh on le voit au NE des P. 1287 et 1282 avec les roches habituelles, schistes, quartzites verts, calcaires, etc., et les nombreux glissements que les schistes occasionnent ouvrent de plus en plus les affleurements. Le fait qu'on est bien à la base du Grès du Gurnigel est attesté plus loin par la lame de gypse de la Gipsfluh. Un dernier affleurement plus étendu que les deux précédents, donnant lieu pareillement à des glissements, se remarque à l'E de Grosschwand (1047 m.), à la base du monticule 1070; les schistes argileux prédominent nettement et enveloppent des bancs d'un calcaire jaune, dolomitique, d'âge triasique et dont il sera question plus loin.

En arrière du village de Planfayon, au S de Im Kloster, j'ai découvert à deux endroits des lames mésozoïques et nummulitiques. Ceci implique l'existence du Wildflysch à ces endroits. En effet on aperçoit bien quelques affleurements de schistes argilo-marneux dans leurs abords; toutefois ce complexe basal est réduit à peu de chose à cause d'écrasements tectoniques causés par la masse chevauchante très puissante du Schweinsberg.

c) Zone méridionale Echelettes-Hohberg-Ladengrat.

Cette zone est beaucoup plus apparente que la précédente. Bien qu'interrompue ou méconnaissable à certains endroits, on la suit cependant sur plus de 15 km. Sa largeur est très variable et peut aller de quelques mètres à quelques centaines de mètres. Elle est bordée de part et d'autre par le Grès du Gurnigel, au N par la masse principale Berra-Schweinsberg-Ettenberg, au S par un chapelet de petits massifs; ce sont, de l'W à l'E, les hauteurs de la Vère (1334 m.), du Thoosrain (1455 m.), du Hohberg (1598 m.), du Kählenegg (1558 m.), du Grättli (1656 m.).

Elle débute visiblement à l'E de la Valsainte. Aux Echelettes et au N de la Vère, il y a d'importants affleurements où l'on retrouve toutes les roches mentionnées sur le versant interne des Paquiers; en outre, le Wildflysch est accompagné ici de lames de charriage. Au N de la Vère, ce sont principalement des schistes calcaires bleuâtres identiques à ceux des Botteys qui caractérisent le Wildflysch.

Sur les hauteurs Lenzburgera-Magnenaz, on ne peut guère l'identifier, enserré qu'il est entre le Grès du Gurnigel qui édifie les divers mamelons et qui couvre les pentes de ses débris; si l'on en juge à un petit affleurement de 2 m. environ, il semblerait passer entre les P. 1530 et 1535; mais ce n'est pas certain.

Sur le versant du Lac Noir, on voit quelques affleurements plus ouverts au S du P. 1407, puis bien distinctement au N du chalet 1307 (sur la carte topographique par erreur 1207). Mais c'est près de la ligne de contact des deux nappes que le Wildflysch apparaît le plus nettement. Dès le P. 1249, on aperçoit des schistes argileux très tourmentés. Si maintenant de ce point on descend le Fallenbach, on a l'occasion de suivre une succession intéressante. Au Wildflysch schisteux occupant la rive gauche succèdent des assises gréseuses. Plus bas, la fig. 1 résume la succession visible jusqu'au delà de la ligne de contact des Préalpes médianes et qu'a déjà figurée partiellement *Arn. Heim* (58, fig. 200, p. 641).

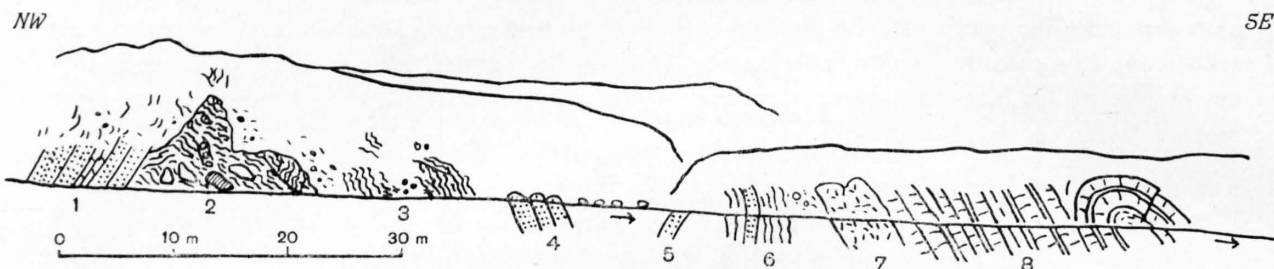


Fig. 1. Contact du Fallenbach.

Préalpes externes. Rive gauche: 1° Banes épais de grès fin du Flysch. 2° Wildflysch: schistes argileux noirs avec brèches, lentilles de calcaire à Lithothamnies et de calcaire compact vert. 3° Débris et affleurement limités de Wildflysch. 4° Banes de grès fin. Rive droite: 5° Banes de grès fins. 6° Schistes et grès. *Préalpes médianes:* 7° Cornièule. 8° Calcaire dolomitique clair et argillites verdâtres.

Dans la région du Lac Noir tout est oblitéré sous une couverture continue de débris et de dépôts glaciaires. A part un affleurement problématique au NE de Ludena, il faut aller jusqu'au N du col du Hohberg (Hirschenlager) pour retrouver bien au jour la zone de Wildflysch. Elle mesure là plusieurs centaines de mètres de largeur et contient de puissantes lames tectoniques. Au col du Hohberg lui-même, on assiste à l'entrelacement du Wildflysch et des terrains mésozoïques. C'est ainsi qu'au bord du chemin qui conduit au Lac Noir, des roches nummulitiques alternent avec des calcaires vraisemblablement mésozoïques, à moins que ce ne soient encore des calcaires du Wildflysch — je ne puis pas donner une réponse assurée ici en l'absence de fossiles. Mais le fait est incontestable quelques mètres en dessous du chemin où les marnes oxfordiennes affleurent assez largement tandis que, plus au S, on retrouve quelques lambeaux de Flysch insinués au milieu d'elles. Sur le versant des Muscheren, en dessous des lettres «lager» de Hirschenlager, on aperçoit des brèches du Wildflysch surmontant immédiatement des bancs de Malm. Au pied du Hohberg (1598 m.), le Wildflysch réapparaît assez indistinctement.

A l'E du Hohberg, la zone se prolonge par le sillon de Spitzenbühl, entaillée dans les schistes tendres du Wildflysch. De nombreux affleurements se remarquent dans le lit et le long des berges du ruisseau qui coule vers la Muscherensense; les marnes et les schistes sombres, fortement redressés et repliés, sont entrelardés de petits bancs de calcaires compacts, un peu marneux, ou de bancs de grès et de petites brèches. Les plaques de gypse qu'on aperçoit sur la rive gauche du torrent, au S de Unter St. Urserenvorsatz ont vraisemblablement été déposées là par le glacier local, car les puissants dépôts morainiques qui encombrant cette dépression contiennent en grande abondance des roches triasiques originaires des Préalpes médianes.

La dépression de Spitzenbühl se poursuit à l'E du Muscherenschlund dans la direction de Ladengrat, soit approximativement vers le Schwefelbergbad. La zone de Wildflysch se reconnaît déjà à son modelé. Les schistes tendres qui la constituent ont donné naissance vers Muscheren à un sol marécageux et déprimé, couvert de débris; plus haut, près de Schwendi, une boue noirâtre noyant des éboulis et des groupes de sapins arrachés, véritable coulée de blocs, descend peu à peu. Vers la ligne de crête, de part et d'autre de Ober Ladengrat, des petits mamelons allongés sont séparés les uns des autres par des dépressions marécageuses. Ce paysage, déjà sensible dans la région des Botteys, aux Echelettes, au Hohberg, est ici tout à fait caractéristique.

Le Wildflysch de la colline de Derrière-Château.

Sur le plateau couronnant la colline de Derrière-Château (E de Montévraz) j'ai trouvé un peu partout des blocs meubles de nature particulière, semblables à ceux qu'on observe dans le Wildflysch de la Chablex, au pied de l'arête des Paquiers. Ces roches, des calcaires et des brèches à Lithothamnies et à Orthophragmines, seront décrites plus loin. Elles sont accompagnées de blocs de calcaire compact du Malm, analogue au calcaire des lames jurassique des Paquiers, d'un calcaire rouge très spécial et que je n'ai pu identifier, de grès à Nummulites du Flysch (Grès du Gurnigel). Il y a également de gros blocs de granite rouge indiscernables des granites rouges des blocs exotiques. Un de ces blocs, du granite rouge à biotite, se tient au NW du P. 1090; il mesure presque 2 m³. Un autre, un magnifique granite rouge à Hornblende, de 2 m³, mis à découvert par des ouvriers près du P. 962, donc au bas du versant sud de la colline, a été malheureusement exploité pour l'empierrement du nouveau chemin forestier de sorte que maintenant on ne voit de cette roche que des fragments épars; en petits blocs, ce même granite se retrouve sur le plateau de la colline.

Comment expliquer la présence de roches si particulières à cet endroit? Il est indéniable que nous avons ici des roches typiques du Wildflysch. Il y a bien des granites rouges dans la nagelfluh sous-jacente qui constitue pour une bonne part cette colline. Mais il s'agit toujours de blocs de petites dimensions, cimentés en un conglomérat. D'ailleurs, les granites rouges de la nagelfluh ont un habitus sensiblement autre que celui des granites exotiques du Flysch. Ceux qui nous préoccupent maintenant sont tous meubles et dépourvus de toute trace de cimentation. On voit d'ailleurs parfaitement bien qu'ils ne font pas corps avec la nagelfluh. En outre, à part les granites, les autres roches du Wildflysch signalées plus haut ne sont pas propres à la nagelfluh. Un transport de ces roches par le glacier rissien est exclu; ce ne sont certainement pas des roches erratiques; d'ailleurs, le haut de la colline paraît presque totalement dépourvu des blocs erratiques du type des roches habituelles abandonnées par le glacier du Rhône.

Il n'y a, me semble-t-il, qu'une seule explication à laquelle je ne me suis rendu, je l'avoue, qu'après de longues recherches. Les roches exotiques de Derrière-Château sont les vestiges d'un lambeau de Wildflysch charrié jusque sur la Molasse marine. Ce Wildflysch, surmonté très certainement par le Grès du Gurnigel comme le prouvent les débris observés, devait primitivement se rattacher à la masse principale du Cousimbert qui chevauchait ainsi, bien plus qu'on ne le croyait, l'avant-pays molassique. L'érosion qui s'est heurtée à la grande résistance de la nagelfluh a finalement isolé de la masse principale cette partie avancée de la nappe de Flysch parvenue jusque sur l'obstacle déjà érodé.

En plus des preuves matérielles, la situation très spéciale de Derrière-Château paraît venir en tout point confirmer mon interprétation. Je me contente ici des remarques suivantes: Derrière-Château est le point le plus élevé de la zone subalpine en avant de la Berra; c'est en même temps la portion de la Molasse autochtone la plus rapprochée du bord préalpin actuel. Quant à son rôle de butoir dans l'avancée de la nappe des Préalpes et dans le développement de l'arc du Cousimbert, il sera établi plus loin avec le détail nécessaire.

E. Gagnebin a signalé un cas analogue à celui de Derrière-Château à l'W du Niremont où, sur la colline molassique de Montabliet, on aperçoit du Flysch que l'érosion a isolé du gros de la chaîne préalpine (81, p. 57); le Flysch y affleure également bien mal mais, comme à Derrière-Château, la nature du sous-sol est suffisamment typique.

III. Les entités pétrographiques.

1° Les grès et les schistes.

a) **Grès fins et moyens.** Ces grès ne sont guère discernables de ceux du Grès du Gurnigel qui seront décrits plus loin en détail. Les bancs sont rarement puissants. Dans ce dernier cas, aux Echelettes par exemple (voir fig. 3), ils sont très fins et très durs, à ciment siliceux prépondérant.

b) Grès grossiers et bréchoïdes. A première vue ils ne semblent guère différer de ceux du Grès du Gurnigel; une certaine habitude permet cependant de distinguer les uns des autres. L'altération par les agents atmosphériques fait que ces roches du Wildflysch prennent extérieurement une teinte rouge-brun, couleur de rouille. Une autre caractéristique est la grande abondance du mica, de la muscovite généralement. Tandis que ce minéral est relativement rare dans le Grès du Gurnigel, surtout dans les grès un peu grossiers, il apparaît très communément sur les grès grossiers et bréchoïdes du Wildflysch où il peut former des paillettes de 1 à 2 cm. Par contre, les feldspaths roses si typiques des Grès du Gurnigel ne jouent ici qu'un rôle secondaire. Evidemment ces différences, déduites de longues recherches sur le terrain, n'ont pas un caractère absolu et admettent une marge assez large. Néanmoins elles demeurent vraies dans leur ensemble.

c) Schistes. Les schistes marneux et argilo-marneux sont les roches les plus communes du Wildflysch. De teintes variées, habituellement dans les tons sombres, brunes, verdâtres ou noirâtres, elles contiennent souvent des *Fucoïdes* à leurs surfaces. Les schistes franchement argileux varient quant à leur abondance selon les endroits. De teinte noirâtre, ils se résorbent facilement en une boue et les nombreux affleurements qu'ils provoquent sont toutefois très intermittants.

d) Quartzites verts. Ce sont des roches très caractéristiques du Wildflysch. On les observe quelquefois en bancs peu puissants, plus fréquemment en fragments anguleux pincés dans les schistes.

Moins compacts que les types normaux qu'on trouve communément dans la région des Paquiers par exemple, ayant plutôt un faciès gréseux, des quartzites verts que j'ai trouvés au-dessus du chalet de la Rescherne ont cette particularité de montrer sur un fond vert clair des plissements très intenses dessinés en vert foncé, ce qui donne à la roche l'apparence d'une texture fluidale.

Ceux qu'on recueille dans les affleurements du Burgerwald (NE de Crauz, P. 1282) présentent des surfaces brillantes, d'un beau vert, polies par suite de frottements mécaniques. Au Burgerwald également j'ai trouvé des roches siliceuses bleuâtres à la cassure, rouge-brun à l'extérieur, se brisant en fragments anguleux.

2° Les calcaires.

Sans avoir une extension considérable, les calcaires présentent un grand intérêt dans l'interprétation stratigraphique du Wildflysch. Ils sont d'une étonnante variabilité. *E. Gagnebin* a insisté sur les difficultés qu'il y a souvent à distinguer les calcaires sédimentés dans la mer du Flysch de calcaires tout semblables, dont l'inclusion est tectonique (60).

Calcaire marneux bleu. Celui-ci est très spécial au Wildflysch de la Berra. De teinte bleu clair, il est nettement gréso-marneux et contient toujours quelques traces de mica. Quelquefois sous forme de bancs peu épais, le plus souvent en schistes menus, ce calcaire apparaît non point en intercalations successives au milieu des schistes, mais en une série continue dont la puissance varie de 10 à 20 m. d'épaisseur, rarement davantage. On le reconnaît d'assez loin à sa couleur claire qui se détache soit des ressauts que ce calcaire détermine dans le modelé insignifiant du Wildflysch, soit des monticules en partie boisés qu'il édifie par ailleurs.

Dans la région des Botteys il forme trois bandes successives. Une première bande s'élève à l'E d'en Allière, au-dessus du ravin indiqué sur la carte; peu apparente, elle se perd assez vite. Une autre bande part de le Commun, passe par le P. 1356, puis se poursuit en dessus des chalets des Botteys jusqu'au N de la Pouta Cierne. Une dernière bande débute près des Communailles, passe à l'E de la Grosse Gite et de le Commun et, un moment interrompue, finit près de Pouta Cierne.

Aux Echelettes, entre le R. des Féguelènes et le R. qui coule à l'E des Echelettes, on a pareillement 2 à 3 bandes de ce même calcaire. On le retrouve formant une bande continue au N de la Vère en direction vers la Lenzburgera.

V. Gilliéron, tout en notant une ressemblance réelle avec le «Néocomien bleu» du Montsalvens (Valanginien sup. — Barrémien inf.) l'a cependant situé dans le Flysch. *O. Büchi* qui en donne également une description le laisse de même dans ce terrain. J'ai assez longtemps hésité à cause de son habitus

très spécial et de son indépendance relative vis-à-vis des schistes du Wildflysch. Les raisons suivantes m'ont conduit à ne pas le séparer du Wildflysch. A l'W de Bottey, à Malaz, puis aux Echelettes, on voit ce calcaire passer graduellement à la brèche du Flysch. Au-dessus des Communailles et à l'E de la Grosse Gite, tout en conservant sa teinte caractéristique et son allure en petits bancs schisteux, ce calcaire devient plus grossier et plus micacé et passe à un grès calcaire. Je n'y ai pas trouvé de fossiles; seul un calcaire un peu différent qui l'accompagne aux Botteys a sa surface couverte d'abondants *Fucoïdes*. De tels calcaires subordonnés au calcaire bleuâtre sont assez communs; ils sont très variés d'aspect, tantôt très compacts, tantôt nettement gréseux, et, sur leur surface, se détachent fréquemment les mêmes *Fucoïdes* que ceux qui recouvrent les schistes du Wildflysch.

Calcaires à Globigérines. Ces calcaires rappelant quelquefois certains calcaires du Malm pré-alpin, assez souvent identiques aux calcaires turoniens, généralement un peu moins compacts cependant, sont assez largement disséminés dans le Wildflysch. Mentionnons des bancs derrière Sus Cressin et jusque sur l'arête des Paquiers (ici couverts de *Fucoïdes*), aux abords des Botteys, aux Echelettes et au N du chalet de la Vère, au Hohberg, etc. *Arn. Heim* a mentionné en dessous des roches nummulitiques de la Chablex des roches à Globigérines qu'il rapporte au «Seewerkalk» (69, p. 450); bien qu'ici elles soient effectivement un peu plus épaisses que normalement, je les attribue encore au Wildflysch, car elles ne me paraissent nullement former une lame. Le plus souvent leur interstratification dans les schistes ne fait pas de doute. Sur la même verticale, on les voit se répéter un certain nombre de fois, en petits bancs, mesurant généralement 5 à 10 cm., rarement plus de 30 cm. d'épaisseur. Contrairement à ce qu'on pourrait attendre, ces calcaires m'ont paru très fréquents aux voisinages des brèches et des conglomérats.

Les coupes minces faites dans ces roches révèlent, à quelques détails près, la même composition et les mêmes organismes que les roches similaires du Crétacé supérieur. Parmi les Globigérines, on reconnaît assez communément la *Globigerina conglomata*, BRADY. Les Rosalines sont fréquentes, notamment la *Rosalina Linnei*, D'ORB. (*Pulvinula tricarinata*, QUEREAU, etc.). Les *Textilaires* sont assez difficiles à spécifier. La majorité des organismes appartiennent au genre *Lagena* (*Orbulinaria*, aut.), notamment *Lagena orbulinaria* et *Lagena spherica*.

Calcaires marneux. Ces calcaires sont très voisins des précédents et, pour la région des Paquiers, il n'y a pas lieu de les en séparer. Les coupes minces montrent des caractères analogues aux calcaires à Globigérines, mais avec un nombre très restreint de Foraminifères.

Ceux trouvés au Burgerwald, de part et d'autre de Crauz, sont un peu plus particuliers. Clairs, compacts, lisses, ponctués de taches brunes et veinés irrégulièrement par de la calcite, ils se débitent en morceaux anguleux.

Calcaires crétacés. La plupart des géologues qui se sont occupés ces années dernières du Wildflysch ont signalé dans sa masse des bancs ou des séries de calcaires appartenant au Crétacé supérieur et insinués tectoniquement dans le Flysch. J'ai déjà signalé auparavant la difficulté à la Berra comme souvent ailleurs de discerner, à défaut de fossiles, certains calcaires du Wildflysch de calcaires d'âge turonien ou sénonien. En tous cas, je me suis refusé à voir en chaque calcaire du type du «Seewerkalk» ou des «Seewerschiefer» une roche d'âge crétacé supérieur, estimant qu'il s'agissait là d'une pure question de faciès. Je reviendrai d'ailleurs plus loin sur cette interprétation.

Reste l'existence des *couches de Wang* (Maeschtrichtien). Certains calcaires du Wildflysch, ceux des Botteys par exemple, ne sont pas sans ressemblances avec les calcaires de Wang. Mais n'y ayant trouvé aucun fossile, ni les serpules caractéristiques (*Jereminella Pfenderae*, LUGEON) ni aucun débris d'*Inocérames*, j'ai laissé ces roches dans le Wildflysch en tant qu'éléments stratigraphiques. On sait toutefois que ces couches de Wang ne sont pas inconnues dans le Flysch des Préalpes externes. *E. Gagnebin* les a trouvées dans la zone Pléiades-Niremont (klippe du Gros Plané) (81, p. 30). A l'E de l'Aar, elles ont été pareillement signalées dans la région des Schlieren par *R. Schider* (49, p. 9), *H. Mollet* (70, p. 37—38), *L. Vonderschmitt* (77, p. 11).

3° Brèches, conglomérats et blocs exotiques.

Historique.

En 1851, B. Studer a mentionné le premier les conglomérats peu volumineux du Flysch de la Veveyse (3); il en cite également au Gurnigel, mais ne parle pas de ceux de la Berra. Dans sa grande monographie (10), V. Gilliéron a donné une description assez détaillée (p. 207) de trois affleurements de brèches et de conglomérats polygéniques découverts sur le versant méridional de la Berra. Ch. Sarasin a repris l'étude de ses gisements en insistant sur leur caractère pétrographique dans sa thèse: «*Die Conglomerate und Breccien des Flysch in der Schweiz*» (18) et dans un mémoire ultérieur où la matière du précédent travail est reprise avec un développement plus considérable, intitulé: «*De l'origine des roches exotiques du Flysch*» (19). L'auteur a étudié au microscope et souvent aussi par voie chimique la composition d'un grand nombre de roches cristallines des brèches; pour la Berra, il décrit 9 types différents. Le «*Tableau des terrains de la région fribourgeoise*» du prof. R. de Girard (39) résume les notions antérieurement acquises par Gilliéron et Sarasin. Enfin très récemment P. Gerber a donné la description détaillée de quelques roches exotiques provenant du Gurnigel (86, p. 28—29).

On possède de régions autres que les Préalpes externes des travaux analogues au mien. A ce propos il faut noter qu'il ne s'agit pas exclusivement de conglomérats et de blocs exotiques du Flysch, mais aussi de terrains plus anciens où ces roches apparaissent dans des conditions très semblables à celles que nous offre le Flysch, avec les mêmes difficultés dans la détermination de leur lieu d'origine.

Dans sa magnifique monographie du massif Churfürsten-Mattstock, Arn. Heim donne le détail de nombreux blocs exotiques répandus dans le Flysch, plus rarement dans les «*Leistmergel*», au N du lac de Wallenstadt (36). P. Beck a donné une description assez longue des éléments exotiques du Wildflysch de Habkern (42). A. Ochsner a décrit ceux de la région de Flysch entre le Flubrig et l'Aubrig (71). Dans son beau travail sur le Rhätikon (57), D. Trümpy a consacré un chapitre spécial aux divers éléments de la brèche jurassique du Falknis. Enfin en 1924, P. Cornelius a publié une étude complète sur les blocs exotiques du Flysch crétacique de l'Allgäu (85). Incidemment, d'autres auteurs ont mentionné, ici et là, des éléments ou des formations exotiques: j'aurai l'occasion d'en citer quelques-uns.

Les éléments détritiques du Wildflysch.

Des fragments nombreux de roches très diverses et de dimensions infiniment variables, tantôt roulés, tantôt anguleux, ont été amenés ou sont tombés dans la mer du Wildflysch. Ils se présentent aujourd'hui sous deux aspects: unis par un ciment et formant des bancs d'épaisseur variée, ces fragments constituent des conglomérats et des brèches; plus rarement on observe des fragments inclus dans des roches tendres, schistes ou marnes: on a alors ce que les anciens auteurs ont appelé les «*blocs exotiques*».

La présence de blocs exotiques n'est nullement de rigueur pour caractériser le Wildflysch. On connaît à maints endroits du Wildflysch totalement dépourvu de blocs exotiques, par exemple celui de la Veveyse dans les Préalpes externes. Par contre, on n'observe guère de Wildflysch dans lequel fassent défaut des roches détritiques grossières, brèches ou conglomérats, interstratifiées dans la masse principale schisteuse. Quoi qu'il en soit, il n'y a pas lieu de traiter séparément ces deux catégories de roches: ce qui les distingue est purement accidentel et provient de conditions de sédimentation un peu différentes. Les fragments qui, dans la suite, ont formé des brèches et des conglomérats se sont déposés dans un milieu à faciès sableux; par diagenèse, ces éléments se sont trouvés unis entre eux par un ciment essentiellement gréseux, et de fait il y a très souvent passage graduel ou brusque du grès à la brèche ou au conglomérat. Que maintenant des fragments rocheux se déposent dans un milieu de marnes et d'argiles, ils demeureront libres les uns par rapport aux autres et c'est bien là le caractère essentiel du bloc exotique.

Je considère ici le phénomène des blocs exotiques dans son cas limité, pleinement réalisé dans le Wildflysch (pas nécessairement nummulitique puisque c'est une question de faciès), mais rare dans les autres formations. Dans la suite, on a étendu ce terme à des galets généralement cristallins (granites, porphyres rouges, etc.) qui apparaissent isolément dans des roches diverses, des calcaires le plus souvent.

Ce double mode de sédimentation est bien sensible à la Berra et cela au même endroit. C'est ainsi qu'à Sus Cressin (SW du sommet de la Berra) on observe sur un très court espace l'alternance de grès, de brèches, de conglomérats et de blocs exotiques au milieu de schistes argilo-marneux à Globigérines.

Extension.

Parmi les matériaux si variés qui composent le Wildflysch de la Berra, les brèches et les conglomérats polygéniques ne tiennent qu'une place assez restreinte: nulle part ces roches ne constituent une série suffisamment puissante pour avoir une influence dans la morphologie. Toutefois, plus résistantes que les grès et les schistes qui les environnent, elles émergent parfois isolément dans les pâturages. Quant aux blocs exotiques, leurs faibles dimensions les rendent peu apparents; c'est probablement la raison pour laquelle on ne les avait pas mentionnés expressément jusqu'ici.

Région au N de la Valsainte. a) *Les Botteys.* Cet affleurement de conglomérats, signalé jadis par *Gilliéron* et *Sarasin*, est très limité. Situé sur la crête qui sépare les Allières des Botteys, tout près du P. 1356, il permet de voir un banc de 2 m. de puissance, visible sur un court espace. Les éléments constitutifs, des granites, des porphyres rouges et des calcaires pour la plupart, sont d'assez petit format.

b) *Sus Cressin.* En suivant du P. 1456, vers le chalet *Sus Cressin*, la crête mentionnée plus haut, on retrouve à plusieurs reprises des conglomérats et des brèches analogues à ceux des Botteys. Approximativement vers 1440 à 1450 m., on se trouve en présence d'une quantité de blocs cristallins et calcaires, de dimensions variables. Ils jonchent le pâturage et une partie d'entre eux ont été réunis en tas. Au premier abord, on a l'impression d'avoir devant soi des dépôts morainiques. Un examen un peu attentif permet vite de reconnaître que ces blocs proviennent de petits ravins situés au-dessus du pâturage où l'on voit nettement les blocs pincés dans les schistes du Wildflysch. Comparés aux éléments constitutifs des brèches de la Berra, ces blocs sont de dimensions assez considérables, en moyenne 10 à 20 cm. et les plus gros dépassent 50 cm. Ici comme souvent ailleurs, les blocs calcaires sont généralement roulés, les blocs cristallins plus ou moins anguleux.

A la surface d'un grand nombre de blocs calcaires, on remarque de profondes impressions, semblables à celles qui affectent fréquemment les cailloux calcaires de la nagelfluh néogène. Certains blocs en sont entièrement couverts et quelques-unes parmi ces «impressions» sont assez profondes, atteignant plus de 1 cm. L'explication donnée par *J. Fröh* et *Alb. Heim* de cette particularité si commune dans la nagelfluh trouve son application ici où les blocs exotiques, extrêmement nombreux et relativement peu emballés dans les schistes, se sont trouvés en contact immédiat les uns avec les autres.

Quelquefois de petits galets généralement cristallins, à la suite d'un phénomène de dissolution analogue à celui provoquant les impressions, se sont incrustés dans des calcaires. Les blocs de Malm sont de la sorte fréquemment hérissés de petits cailloux étrangers; ceux-ci pénètrent encore plus profondément dans des calcaires blanchâtres, qui en coupes minces se révèlent tout pétris de Rosalines, de Globigérines et de Lagènes. Ces calcaires sont en majeure partie des blocs du Crétacé supérieur; toutefois, dans le Wildflysch lui-même, on connaît des calcaires semblables, notamment près de *Sus Cressin*.

De même on constate que ce calcaire s'est infiltré dans les fissures des blocs de granites et le long des plans de schistosité des gneiss et des schistes sériciteux.

Partout aux abords de cet important gisement de blocs exotiques et autour du chalet de *Sus Cressin*, on peut suivre sur d'assez longs espaces des assises bréchoïdes relativement puissantes. Signalons l'une d'entre elles à peu de distance au-dessus des blocs exotiques et visible sur plusieurs dizaines de mètres; elle est faite de deux parties, l'une inférieure gréseuse, la partie supérieure nettement bréchoïde, avec, au milieu de matériaux de taille modeste, de gros blocs presque plus volumineux que les blocs exotiques les plus considérables.

Il y a également des bancs assez importants dans les ravins situés au N et au NW de le *Bry*. En outre, comme un peu partout des glissements continus et importants ont affecté le Wildflysch, on aperçoit communément de ces roches détritiques au milieu des débris ou noyées dans des coulées de boue noirâtre. L'action des glaciers a également eu pour effet de disséminer ces brèches et ces conglomérats dans tout le domaine de la Valsainte: on en trouve de très nombreux près des Botteys, d'autres dans la forêt de la Valsainte, et, avec les dépôts glaciaires de la *Tioleyre*, aux abords du couvent et jusqu'au *Javroz*.

Crête et versant externe des Paquiers. Au S de *Montagnetta*, sur l'arête qui descend du sommet de la Berra vers le P. 1496, deux bancs puissants d'un conglomérat visible sur les versants de la Roche

et de la Valsainte sont coupés par le sentier qui suit l'arête. A l'E et au S de Gite du Commun, du chalet jusqu'à la crête, on remarque plusieurs assises grossières.

Des blocs exotiques de faibles dimensions et beaucoup moins abondants qu'à Sus Cressin apparaissent au S de la Rescherne, en dessous du P. 1430: à cet endroit le sol très raviné fait que ces blocs sont ensevelis dans une masse boueuse un peu comme des cailloux erratiques dans une moraine de fond.

D'autres blocs épars, toujours assez petits, se remarquent entre la Rescherne et les chalets de au Saut. Dans une légère déchirure du sol, de 20 à 30 m. au-dessus du chalet 1317, j'ai observé un assez grand nombre de blocs exotiques, de beaux granites rouges particulièrement; l'un d'eux atteignait 50 cm. de diamètre.

A partir de la Rescherne, en direction vers le SE, le Wildflysch se complique par l'insinuation dans sa masse de lames tectoniques. Des blocs exotiques nombreux et assez volumineux jalonnent également ce secteur, presque en association avec les lames. Dès lors, il s'agit de discerner ce qui revient aux blocs exotiques et ce qui appartient aux inclusions tectoniques. Là où l'on saisit directement le terrain en place, il n'est déjà pas toujours facile de faire la part de ce qui revient aux uns et aux autres. Et très souvent les blocs exotiques se sont échappés de leur enveloppe schisteuse et jonchent le sol mêlés aux débris tombés des lames. Dans ce cas, il reste un moyen assez pratique de discerner les deux catégories de roches: c'est de comparer les blocs de la Téraillonaz avec ceux de Sus Cressin; à ce dernier endroit il n'y a aucune incertitude. Grâce à la variété et à l'abondance des blocs de Sus Cressin, il m'a été possible d'y rapporter presque tous les échantillons provenant de la Téraillonaz, ceux d'autres gisements également. Pour quelques blocs toutefois le doute subsiste.

Voici quelques détails concernant le gisement principal de la Téraillonaz. A l'E du chalet 1259, le ruisseau passant près de ce chalet coupe la lame supérieure de Malm en deux parties. Entre ces deux segments, le ruisseau offre la coupe suivante à partir du pâturage marécageux de la Téraillonaz (fig. 2):

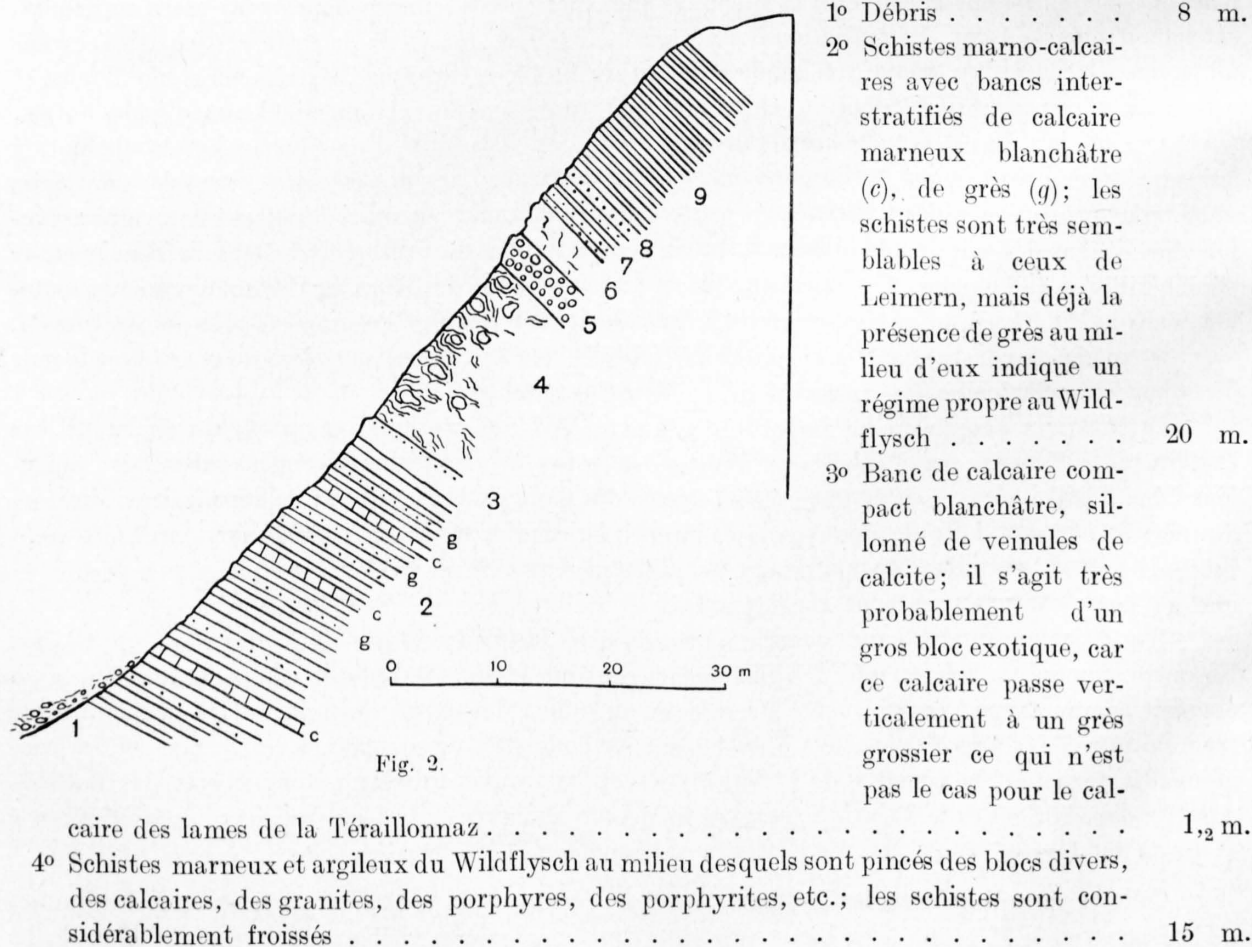


Fig. 2.

5° Brèche nummulitique à éléments de Malm et de granite rouge	2,2 m.
6° Calcaire blanchâtre du Wildflysch	3 m.
7° Schistes gréseux noirs	2 m.
8° Banc de grès	0,5 m.
9° Schistes argilo-marneux du Wildflysch	12 m.

Des blocs épars et nombreux s'observent dans les pâturages de la Téraillonnaz, ainsi que plus bas, vers les Traverses; au N du chalet 1259, j'ai trouvé quelques beaux blocs de calcaire à entroques et un bloc de 1 m³ d'une magnifique brèche à échinodermes au N de la lame inférieure de Malm.

Mentionnons enfin un niveau de brèches entre les Cavucènes et la Chablex et quelques blocs près de Paquier à Sauge.

Région des Echelettes. Toute cette région située à l'E de la Valsainte, porte l'empreinte d'importants phénomènes d'écrasement. Cela lui donne un cachet très particulier qui frappe mieux l'observateur que le vague des affleurements des Botteys; mais ce n'est pas un avantage pour l'étude systématique des éléments exotiques du Wildflysch, car les blocs et les conglomérats polygéniques sont par endroits si fortement écrasés qu'on n'en peut rien déduire. En outre, plusieurs lames tectoniques se fauillent dans les schistes du Wildflysch, en accentuant encore les dislocations.

Un très bel exemple de trituration dans les schistes à blocs exotiques s'observe le long des berges du R. des Féguelènes (sur la carte, en dessous des lettres *des* de R. des Féguelènes). Sur une distance de 15 m. et une hauteur de quelques mètres, les schistes du Wildflysch apparaissent repliés et contournés en tous sens, enveloppant des bancs rompus de grès et de brèches ainsi que des blocs exotiques partiellement broyés: blocs de gneiss de 1 à 2m. de long, de granites, de calcaires divers; j'y ai trouvé des calcaires compacts foncés avec des *Aptychus* du Malm.

A l'E de la ferme 1179, on constate la présence de blocs exotiques dans le ruisseau qui coule au pied de la lame supérieure des Echelettes dont il sera question plus loin. Une coupe menée perpendiculairement au cours du ruisseau, quelques mètres en amont du pont qui le traverse, montre le détail suivant (fig. 3):

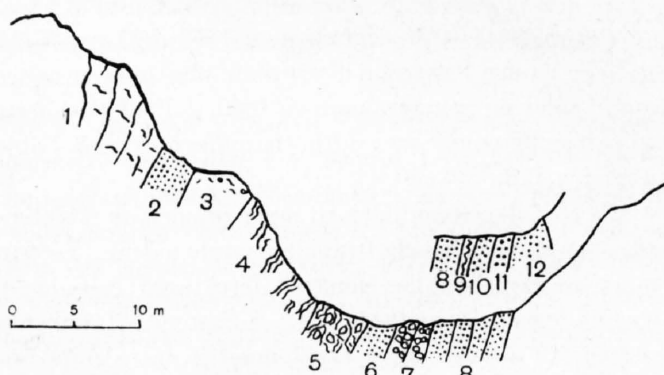


Fig. 3.

1° Calcaire du Malm formant le haut des berges de la rive droite	10 m.
--	-------

Puis en allant vers le ruisseau on a:

2° Calcaire gréseux du Wildflysch	3 m.
3° Débris	5 m.
4° Schistes du Wildflysch	10 m.
5° Schistes avec blocs exotiques	3 m.
6° Calcaire gréseux noir	2 m.
7° Brèche écrasée du Wildflysch	3 m.
8° Calcaire gréseux noir	6 m.

Quelques mètres plus haut, ces dernières roches se subdivisent de la façon suivante:

9° Calcaire gréseux	2 m.
10° Schistes noirs froissés	0,5 m.
11° Calcaire gréseux noir	2 m.
12° Petite brèche polygénique	0,5 m.
13° Calcaire gréseux noir	2 m.

Sous 5 et 7, on trouve des blocs de Malm et de calcaires spathiques si intensément triturés et mêlés avec des fragments de granites rouges, de gneiss et de schistes chloriteux que le tout forme un

ensemble compact, non dissociable au marteau bien qu'exempt de toute trace de ciment. Les granites eux-mêmes accusent parfois une structure franchement cataclastique, très probablement postérieure à leur dépôt dans le Flysch.

Dans la continuation de la zone méridionale de Wildflysch à laquelle appartiennent les affleurements des Echelettes, je n'ai pas observé de blocs exotiques, sauf quelques rares exemplaires dans les ravins de Spitzenbühl, entre la Warme et la Muscherensense. Par contre, les brèches sont passablement fréquentes dans la région du col du Hohberg.

4° Roches à Nummulites.

Grès nummulitiques.

Contrairement à ce qui se passe dans le Grès du Gurnigel, les grès grossiers du Wildflysch paraissent presque entièrement dépourvus de grands Foraminifères. Ce n'est qu'à la suite de longues recherches que je suis parvenu à découvrir quelques petites Nummulites, malheureusement indéterminables. Le grès qui les contient accompagne le banc de brèche qui s'observe sur l'arête des Paquiers, à l'E de la Montagnetta. Les Orthophragmines sont déjà moins rares; j'en ai trouvé dans un banc à l'E de la Bergmanda.

On trouve assez fréquemment des débris de Bivalves dans les grès grossiers; ce sont des restes indéterminables et qui peuvent provenir de fossiles remaniés.

Roches nummulitiques de la Chablex.

Ces roches ont été signalées en 1873 déjà par *V. Gillieron*. Je n'insiste pas ici sur cette découverte, car j'aurai l'occasion d'y revenir plus loin en m'occupant plus spécialement des Nummulites du Flysch. Dans un mémoire paru en 1890, *J. Früh* s'est occupé incidemment de ce gisement en s'attachant plus particulièrement aux Lithothamnies qui sont l'objet principal de son étude et qui abondent à la Chablex (16).

Ce complexe fossilifère est assez important et s'étend sur environ 200 m. de longueur. Les roches qui le constituent changent rapidement de nature. La partie inférieure du complexe est faite de calcaire organogène englobant des éléments détritiques: ceux-ci ne jouent d'abord qu'un rôle subordonné. Verticalement, le calcaire ne tarde pas à se charger de fragments détritiques plus nombreux et de plus grandes dimensions. Il passe assez rapidement à un calcaire bréchoïde puis à une véritable brèche à ciment calcaire. Finalement la partie supérieure ne montre plus qu'une brèche granitique semblable à celle qu'on observe fréquemment dans le Wildflysch lui-même; par endroits, la roche moins grossière revêt le type d'arkose et rappelle nettement les arkoses du Grès du Gurnigel.

La succession quelque peu schématique est donc la suivante, de bas en haut:

- 1° calcaire organogène à Lithothamnies et à Nummulites, semé d'éléments détritiques;
- 2° calcaire bréchoïde passant à la brèche à ciment calcaire;
- 3° brèche granitique et arkose.

V. Gillieron a mentionné des fragments de roches semblables au Niremunt et à l'E de Montévraz. J'ignore dans quelles conditions ils apparaissent au Niremunt; ceux qu'on peut recueillir à Montévraz proviennent certainement du lambeau de Wildflysch de Derrière-Château; tout le plateau et le versant S de cette colline molassique sont, comme je l'ai déjà dit auparavant, parsemés de blocs de ce genre: certains de ces blocs dépassent 50 cm. de diamètre. Ce sont les mêmes roches qu'à la Chablex, à quelques détails près: les calcaires organogènes et les brèches à ciment calcaire sont, encore mieux que ceux de la Chablex, caractérisés par l'extrême abondance des Lithothamnies; ils sont également criblés d'Orthophragmines, les Nummulites par contre sont très rares.

Des débris de ces roches s'observent également près de la Téraillonnaz et de Paquier à Sauge; Il est possible qu'ils soient erratiques; plus probablement ils proviennent d'assises cachées momentanément par la végétation ou sous les débris et qui marquent une récurrence de la sédimentation particulière de la Chablex.

Péetrographie. Voici la description détaillée des diverses variétés de roches.

1^o *Calcaire organogène.* C'est un calcaire de teinte claire, gris-blanchâtre ou rosé à l'extérieur, à surface rugueuse et toute semée d'organismes variés. C'est avant tout un calcaire à Lithothamnies, car ces algues calcaires à cassure porcelanée constituent la partie principale de la roche. A Derrière-Château, on trouve des fragments de calcaire dans lequel les Lithothamnies sont presque les seuls et exclusifs composants de la roche. A la Chablex, comme d'ailleurs le plus souvent à Derrière-Château, ces algues sont accompagnées d'Orthophragmines, de Nummulites, de Bryozoaires et de Coralliaires; il s'y mêle toujours des petits débris clastiques. Des grains de quartz et des fragments de feldspath sont les seuls éléments détritiques du calcaire à texture fine; le plus souvent le calcaire englobe des petits morceaux de granite.

Sous le microscope, les Lithothamnies se révèlent extrêmement abondantes et remarquablement bien dessinées; les individus semblent appartenir pour une très grande part au *Lithothamnium nummuliticum*, GÜMBEL; c'est d'ailleurs de la Chablex et de Montévraz que provient une bonne partie du matériel qui a servi à Früh à caractériser cette espèce (16, fig. 5, 6, 7, 12, 13). Les Orthophragmines, très nombreuses, se rapportent à plusieurs espèces. Citons enfin des Nummulites, des débris de Bryozoaires et de Coralliaires. Le quartz est en grains anguleux, dépourvus de corrosion; le feldspath est représenté par de l'orthose kaolinisée et par quelques plagioclases peu altérés. Des venues secondaires de quartz ont enveloppé l'un ou l'autre cristal d'orthose. Le quartz n'apparaît cependant guère dans le ciment; ce dernier est fait de calcite assez largement cristallisée.

2^o *Calcaire bréchoïde.* La roche se différencie du type précédent par l'abondance de plus en plus accentuée des débris: ceux-ci atteignent souvent plusieurs centimètres de diamètre. Il y a tous les passages jusqu'à la brèche à base calcaire. Dans cette dernière on observe des Nummulites de grande taille, mesurant jusqu'à 2 cm.

3^o *Brèche granitique et arkose.* Cette brèche est assez grossière puisque certains composants peuvent atteindre 50 cm. En moyenne leur diamètre varie entre 5 et 20 cm. Le ciment cesse d'être calcaire, il devient gréseux et les organismes font défaut. Les composants sont presque tous cristallins et sont absolument identiques aux roches constituant les blocs exotiques. Les plus communs sont des granites roses à biotite, puis des granites gris, des porphyres quartzifères verts, des schistes chloriteux, etc. Là où la roche est moins grossière, mais dépourvue de ciment calcaire, on a plutôt affaire à des roches du type des arkoses; elles sont de teinte rosée ou rouge, et contiennent dans leur tissu quelques petites Nummulites.

Faune. Arn. Heim a identifié, mais d'une manière assez imprécise, quelques organismes (69):

Num. complanata, LAM.

Num. atacica? ou *Gallensis?*

Num. Boucheri?

Orthophragmina, du type de l'*O. Chudeani*, SCHLUMB.

J'y ai trouvé les espèces suivantes à la suite d'assez longues recherches:

Num. complanatus, LAM. = *Num. millecaput*, BOUBÉE suivant BOUSSAC.

Num. Partchi, DE LA HARPE = *Num. gallensis*, HEIM.

Num. Murchisoni, BRUNNER (variété A).

Num. irregularis, DESH.

Num. atacicus, LEYM.

Num. aturicus?

Orthophragmina, plusieurs espèces.

Il faut ajouter à cette faune une petite *dent de poisson* ainsi que deux fragments de *Bélemnites* évidemment remaniées.

Il résulte de ces déterminations que les roches de la Chablex datent du *Lutétien supérieur*.

Brèche à blocs de granite et de Malm.

Dans la coupe du Wildflysch de la Téraillonnaz (v. p. 12), je mentionne un banc de 2 m. d'épaisseur d'une brèche à petits blocs de granite et de Malm. C'est une roche très curieuse et qui n'a pas été sans m'embarrasser. Comme elle se trouve à 2 à 3 m. de distance du Malm de la lame supérieure de la Téraillonnaz, on pourrait au premier abord l'envisager comme appartenant encore au Malm et y voir du Jurassique supérieur englobant des cailloux de granite, ceci d'autant plus qu'un peu plus bas on trouve effectivement du Malm à inclusions gréseuses. Et c'est bien ainsi que je l'ai interprétée en 1924. Ce n'est que par un examen très attentif, et à la suite de discussions très suggestives avec MM. Lugeon et Gagnebin, que je me suis aperçu que le Malm ne forme pas le fond de la roche, mais se trouve en blocs plus ou moins grands au même titre que le granite rouge; ces éléments détritiques sont unis par un ciment assez rare, grésocalcaire, à gros grains de quartz translucides ou transparents.

Le Malm est du type des calcaires compacts, brun clair, à cassure conchoïdale. Quant aux granites rouges, ils sont identiques aux granites exotiques.

J'y ai cherché en vain des Nummulites. Tous les fossiles reconnus appartiennent au Malm. Tantôt ils sont encore sur les blocs de calcaire, tantôt libres, ils sont perdus au milieu du ciment à l'état de fossiles remaniés. J'y ai récolté des *Aptychus* (*A. sparsilamellosus*, GÜMB., etc.), des *Bélemnites*, un petit *Phylloceras*.

Roches à Bryozoaires du Hohberg.

J'ai déjà signalé auparavant (p. 6) l'affleurement de roches nummulitiques qu'on observe au col du Hohberg, là où le chemin venant du Lac Noir débouche sur la hauteur. Les Bryozoaires sont les organismes caractéristiques dans ces quelques bancs de calcaire et de conglomérat visibles sur un très court espace et encadrés de calcaires marneux dont l'appartenance est douteuse.

Roche. Elle change très rapidement d'aspect, ceci sur quelques mètres de distance; des parties sont conglomératiques, d'autres gréseuses, d'autres calcaires ou grésocalcaires. Les éléments du conglomérat sont peu volumineux, seuls quelques blocs atteignent 20 cm. On y reconnaît les mêmes roches exotiques que celles signalées précédemment à la Berra: granites rouges ou verts, gneiss, schistes amphiboliques, calcaires variés, etc. Ces roches sont, par places, cimentées par un grès assez banal; le plus souvent le ciment est grésocalcaire. Là où le faciès calcaire prédomine, le premier rôle appartient aux *Bryozoaires* qui arrivent localement à constituer une partie de la roche et montrent une grande richesse d'espèces. Il s'y associe des petites *Ostrea* indéterminables spécifiquement, quelques *Nummulites* de petite taille; les *Orthophragmines* sont plus fréquentes.

Coupe mince. J'ai choisi un fragment calcaire dépourvu d'inclusions de grande taille. Aussi la masse fondamentale de la roche se présente sous forme d'une mosaïque de cristaux de calcite assez largement cristallisée. Éléments détritiques assez quelconques: quartz en grains généralement anguleux, biotite, plagioclases en cristaux idiomorphes, calcaires divers. Des petits grains de glauconie sont disséminés en nombre restreint.

Parmi les organismes, les Bryozoaires, très abondants, apparaissent avec des formes très variées. On reconnaît les autres fossiles déjà mentionnés plus haut, des Nummulites, des Orthophragmines, des débris assez nombreux de Lamellibranches. En outre, on observe des Textularia, des Lagena (*L. diffringens*), des Rotalidés, des algues perforantes.

Conglomérat nummulitique à blocs de Malm de Ober-Ladengrat.

A l'E de la Muscherensense, entre Ober- et Unter-Ladengrat, légèrement en dessous du premier chalet, un petit éperon est constitué par des roches sensiblement autres que celles du Flysch habituel. Il s'agit d'une sorte de conglomérat calcaire d'habitus très spécial. L'ensemble des assises atteint 10 à 12 m. d'épaisseur et s'étend sur environ 50 m. de longueur. Des débris abondants de cette roche se remarquent autour de Unter-Ladengrat. Ce conglomérat est constitué exclusivement par des blocs de calcaire compact du Malm, cimentés par un grès identique au grès commun du Flysch: le conglomérat

est assez grossier et quelques blocs dépassent 50 cm de diamètre. On reconnaît sans difficulté le calcaire du Malm analogue à celui qu'on observe un peu plus bas dans la lame de Schwendi, ou au Hohberg et aux Echelettes. J'y ai trouvé des *Aptychus* (*A. punctatus*, VOLTZ; *A. sparsilamellosus*, GÜMB.), et quelques *Bélemnites*; les rognons siliceux y sont très abondants.

Cette roche — si différente des terrains environnants qu'on pourrait l'envisager à première vue comme une lame tectonique — est nettement interstratifiée dans les grès du Wildflysch, car le passage vertical de ce conglomérat au grès commun du Flysch apparaît clairement.

Ce conglomérat est parsemé de petites Nummulites, même là où la roche est faite presque uniquement de débris de Malm; quelques-unes mesurent plus de 1 cm. J'y ai déterminé les espèces suivantes:

Num. Partschi, DE LA HARPE.

Num. Murchisoni, BRUNNER.

Num. distans, DESH.

Orthophragmina, sp. indét.

Certains exemplaires sont glauconieux.

J'ai également retrouvé cette roche à Schwendi, où elle surmonte une lame de Malm dont il sera question dans le chapitre suivant. Le banc est caché par la végétation, mais il y a suffisamment de débris pour ne pas douter de son existence à cet endroit. C'est exactement la même roche qu'au Ladengrat. Les Nummulites y sont aussi bien visibles. J'y ai reconnu *Num. Partschi*, DE LA HARPE.

Remarques sur les roches nummulitiques du Wildflysch.

Alors que la grande masse des roches constitutives du Wildflysch, grès, brèches, marnes, calcaires, est presque totalement dépourvue de fossiles — je néglige les Foraminifères microscopiques qui abondent dans certains calcaires — on trouve ici et là dans ce même Wildflysch des complexes assez particuliers, généralement bien différents des roches normales du Wildflysch et qui, eux, sont bien fournis en organismes caractéristiques, ainsi qu'en témoigne la description donnée plus haut de ces divers complexes.

Mais précisément le caractère si particulier de ces roches nummulitiques a fait douter qu'elles appartiennent en tant qu'éléments stratigraphiques au Wildflysch. Presque toutes apparaissent là où le Wildflysch est entrelardé de lames tectoniques et de suite se pose la question de savoir si elles ne sont pas, elles aussi, des complexes incorporés au Wildflysch à la suite de phénomènes de charriage.

C'est ce qui est advenu avec les roches nummulitiques de la Chablex. En 1920, Arn. Heim les envisage comme une lame provenant de la « Rhonenarbe », donc étrangères au Wildflysch des Préalpes externes, et ne pouvant pas, de ce fait, servir à une détermination d'âge de ce terrain (69, p. 450). Cette même interprétation se retrouve dans la « *Geologie der Schweiz* » (II, p. 351), également dans le travail de O. Büchi (78, p. 62). En 1925, dans ma note préliminaire sur la géologie de la Berra (87), j'ai aussi traité ce complexe comme une lame de charriage, mais en insistant déjà sur sa parenté indéniable avec le Flysch de la Berra.

La découverte au cours de l'été 1925 des roches fossilifères du Ladengrat m'a persuadé qu'il devait en être autrement. Au Ladengrat le doute n'est pas possible, car le passage du conglomérat à cailloux tithoniques au Flysch est, comme je l'ai déjà dit plus haut, tout à fait net. Dès lors, le cas des roches nummulitiques de la Chablex, bien moins « spéciales » que celles du Ladengrat, devenait évident: elles sont une partie intégrante du Wildflysch; elles aussi passent, peut-être d'une façon moins visible, verticalement et horizontalement, à une brèche polygénique en tous points identique aux brèches normales du Wildflysch. Enfin entre ces deux extrêmes, roches à éléments tithoniques du Ladengrat et roches à éléments essentiellement granitiques de la Chablex, vient se placer la brèche de la Téraillonnaz qui unit côte à côte les cailloux de granite et de Malm.

Cette mise au point, outre qu'elle montre encore une fois les variations étonnantes et capricieuses de la sédimentation du Wildflysch, était surtout nécessaire, afin de pouvoir utiliser la faune que contiennent ces roches pour la détermination d'âge du Wildflysch de la Berra.

IV. Age du Wildflysch.

La faune microscopique des calcaires du Wildflysch, telle que les Lagena, les Rosalines et les Globigérines, n'apporte pas de précision sur l'âge de ce complexe. Des géologues ont utilisé certains de ces Foraminifères, la *Rosalina Linnei*, D'ORB., en particulier, comme fossiles caractéristiques du Crétacé supérieur. Or, il est incontestable que ces mêmes organismes se retrouvent dans des roches sédimentées dans la mer du Flysch. Ces Foraminifères ne sont donc nullement limités à un seul étage ou à une seule époque (époque du Crétacé supérieur). Il y a lieu cependant de noter leur présence dans le Wildflysch, car cela implique non une similitude d'âge, mais une similitude de faciès avec le Crétacé supérieur.

Par contre, la faune macroscopique, quoique réduite aux seules Nummulites et sans être très abondante, est suffisamment caractéristique pour déterminer l'âge précis du Wildflysch: il s'agit du Lutétien, probablement du Lutétien supérieur seul, si l'on s'en rapporte à l'échelle de Boussac et de Douvillé.

Dans la zone Pléiades-Niremout, E. Gagnebin est arrivé au même résultat pour le Wildflysch, également pour ce complexe plus inférieur encore qu'il dénomme «Flysch noir» et dont je n'ai pas retrouvé l'équivalent dans mon territoire. Dans l'un et l'autre complexe, il a découvert des bancs à Lithothamnies, à Assilines et à Nummulites, en particulier avec *Assilina exponens*, Sow., bien caractéristique du Lutétien supérieur et qui s'étend jusqu'à l'Auversien (81, p. 31—33).

Ainsi donc, il semble aujourd'hui bien établi que tout le Wildflysch des Préalpes externes est d'âge Lutétien supérieur.

Il est peu probable qu'il déborde cet étage par le haut, car nous verrons plus loin que le Grès du Gurnigel commence, lui aussi, par le Lutétien supérieur. Restent à déterminer les limites inférieures. On a beaucoup agité ces années dernières la question de l'Eonummulitique et plusieurs géologues ont cru reconnaître dans la Suisse orientale une continuité de dépôts du Crétacé supérieur à l'Eocène moyen (79, 80). Cette question délicate mérite pour elle-même une étude particulière qui n'a pas sa place ici. Remarquons simplement ceci pour la Berra.

Dans le territoire que j'ai particulièrement étudié, le Crétacé supérieur n'apparaît pour ainsi dire pas. Mais immédiatement au S, entre le Wildflysch des Paquiers et l'anticlinal du Bifé, s'intercale la zone de Bodevenaz, constituée presque exclusivement par le Crétacé supérieur (calcaires du Turonien et schistes du Sénonien). Pour autant qu'on peut le constater, le Crétacé supérieur forme un complexe indépendant qui ne se confond pas avec le Flysch qui l'encadre. En outre, il n'y a pas trace des couches de Wang. Il n'y a donc aucune preuve en faveur d'une série compréhensive s'étendant du Crétacé supérieur jusqu'à l'Eocène moyen et jusqu'à preuve du contraire, on ne peut pas situer la limite inférieure du Wildflysch plus bas que le Lutétien.

De l'autre côté du lac de Thoune, le Wildflysch de Habkern qui est l'homologue de celui de la Berra est également lutétien (Boussac, 1912). Il est vrai que dans la zone des Schlieren cet âge est en partie contesté, du moins étendu, par L. Vonderschmitt. Ce géologue, se basant sur l'absence de certains Foraminifères microscopiques croit que le Wildflysch, au moins celui qui avoisine les Giswylerstöcke, débute avec l'Eocène inférieur, peut-être même avec le Crétacé supérieur pour finir au Lutétien (77, p. 12—14). Comme je l'ai fait remarquer plus haut, l'absence ou la présence de Foraminifères microscopiques ne paraît pas suffisante pour préciser l'âge ou l'extension verticale d'un complexe. Il convient donc d'attendre.

Description détaillée des roches exotiques.

Remarque préliminaire.

Il y a lieu d'ajouter encore quelques mots sur le travail de Ch. Sarasin dont il a été question auparavant. Sans épuiser la question de la nature et de l'origine des roches exotiques, l'œuvre de Sarasin a fixé les idées sur de nombreux points obscurs ou controversés. Mais il est évident qu'un travail embrassant des régions variées et multiples ne pouvait mentionner qu'un nombre assez restreint de roches

pour chacune des zones étudiées. Pour la Berra, la description est forcément incomplète du fait surtout des affleurements exploités par l'auteur. Les échantillons décrits proviennent tous de bancs de brèches et de conglomérats : dans ce cas non seulement il faut extraire les éléments au marteau, mais le choix est bien plus limité et la description rendue plus difficile parce que les brèches de la Berra, comme je l'ai déjà souligné plus haut, sont à petits éléments, à l'exception de celles de Kloster, pas connues à cette époque.

J'ai également recueilli un certain nombre d'échantillons dans les brèches, mais la très grande majorité des roches étudiées proviennent des gisements de blocs exotiques où l'examen et le triage est infiniment plus aisé. En outre, les blocs exotiques sont beaucoup moins altérés que les composants des brèches ; ils sont d'ailleurs de plus grande taille pour la plupart et peut-être le seul fait d'avoir été enveloppés dans des schistes argileux les a-t-il préservés d'une altération trop hâtive. Même la plupart des roches, notamment celles d'origine éruptive, ont un aspect étonnamment frais ; toutefois, en coupes minces, on constate des décompositions assez avancées, portant surtout sur les éléments ferro-magnésiens et sur les feldspaths.

La majeure partie des roches dont la description va suivre proviennent de Sus Cressin : avec ses centaines de blocs à fleur du sol et leur extrême variété, c'est le gisement idéal, le plus riche probablement que l'on connaisse. Puis, par ordre de fréquence, suivent la Téraillonnaz, les Echelettes, Kloster, enfin quelques autres affleurements de moindre importance.

J'ajouterai que dans cet inventaire détaillé du matériel exotique de la Berra, j'ai laissé délibérément de côté nombre de roches trop communes, notamment des calcaires, des grès et des marnes, dont la description ne peut fournir aucune donnée de quelque valeur.

Roches cristallines.

Les porphyres.

Parmi les roches cristallines exotiques, les porphyres sont à la Berra les plus caractéristiques : aussi je commence par eux. Déjà *Sarasin* a insisté sur leur fréquence dans ce segment des Préalpes externes. En reprenant l'étude de toute la région, il m'a été possible d'établir une belle collection, remarquable par la fraîcheur, il est vrai plus apparente que réelle, des échantillons. Certains blocs, à Sus Cressin, mesuraient 30 à 40 cm. de diamètre, quantité d'autres 10 à 20 cm. Ils témoignent les uns par rapport aux autres une grande variété, bien plus marquée que celle qu'offrent les granites. Chaque porphyre est à lui seul très caractéristique et se distingue sans peine des voisins par la teinte, par l'abondance ou la rareté de la pâte et des phénocristaux, par la nature des phénocristaux eux-mêmes. Cette variété n'exclut cependant pas un air de famille ; il est certain qu'ils proviennent tous du même magma éruptif comme le révèlent leurs propriétés minéralogiques et chimiques.

J'ai retrouvé sans trop de peine une partie des porphyres décrits par *Sarasin* pour les Voirons et la Berra ; je me contente de les mentionner, renvoyant pour les détails au travail en question.

Voici ces porphyres dont j'ai retrouvé les équivalents, à peu de chose près :

1° **Porphyre globulaire très acide** (n° 7 des Voirons, 19).

2° **Porphyre rouge antique** (n° 4 de la Berra).

3° **Porphyre globulaire à pâte grisâtre** (n° 4 de la Berra).

Les roches porphyriques nouvelles sont les suivantes :

Porphyre quartzifère gris-rose. Dans une pâte abondante gris-rose, très fine, naissent des phénocristaux de 3 à 5 mm. de diamètre de feldspaths rosâtres, quelquefois d'un rose très clair. Le quartz, grisâtre ou vitreux, montre comme les feldspaths des contours cristallins nets. On ne distingue que quelques traces du minéral ferro-magnésien ponctuant légèrement la roche.

Coupe mince. Le quartz assez abondant apparaît soit en cristaux bipyramidés, soit en cristaux fortement corrodés ; il contient d'abondantes inclusions vitreuses et gazeuses. L'orthose, partiellement altérée, montre des contours idiomorphes ; plusieurs profils cristallographiques permettent de reconnaître diverses combinaisons, généralement suivant [001], avec extinction droite et clivages

droits suivant [010] et filonnets d'albite. Le microcline forme quelques grands cristaux. Les plagioclases sont du type acide; plus rares que l'orthose, leur structure zonale les individualise bien. La biotite paraît être assez rare; elle est décomposée en partie en chlorite avec produits d'exsudation. Mentionnons enfin de l'apatite, peut-être de la titanite. La pâte, association de quartz et de feldspaths décomposés, est microgranitique.

Porphyre quartzifère rouge à texture fine. Les phénocristaux sont de petites dimensions. Macroscopiquement on distingue surtout les cristaux de quartz hyalin. Quant aux feldspaths, ils forment ou des tâches blanchâtres indiquant par là une kaolinisation avancée, ou de petits cristaux rouge vif à cassure brillante. La pâte est légèrement grenue, de teinte rouge.

Coupe mince. Le quartz n'a de contours nets que chez les individus de grande taille; la majeure partie des cristaux sont arrondis, atteints d'une corrosion magmatique prononcée. Les feldspaths sont profondément altérés, de sorte que l'orthose est presque méconnaissable et les plagioclases acides ne se distinguent que grâce à leurs lamelles hémitropes. La biotite qui semble être l'unique élément ferro-magnésien demeure rare; elles est polychroïque dans les tons verts, en outre fortement chloritisée. Comme éléments secondaires, de la calcite, de l'épidote et de l'hématite. La pâte, composée de quartz et de feldspath, est partiellement sphérolitique.

Porphyre quartzifère rouge à pâte granophyrique. C'est une magnifique roche. Les cristaux d'orthose, à contours quadratiques ou rectangulaires, ont de 3 à 5 mm. de diamètre; ils sont de couleur rouge vif et prédominent largement sur les autres éléments. La biotite ne forme que des cristaux de petite taille. Le quartz est gris, vitreux, mesurant jusqu'à 4 mm. de diamètre; sur les faces polies on reconnaît parfaitement le contour hexagonal de quelques individus; d'autres cristaux, légèrement en saillie, montrent encore les faces des rhomboèdres R (10 $\bar{1}$ 1) et — R (01 $\bar{1}$ 1). La pâte, de couleur brun-rouge est abondante, de sorte que chaque grand cristal est nettement séparé des voisins.

Coupe mince. Les cristaux de quartz sont plutôt rares, mais de très grande taille, quelques-uns bipyramidés et combinés avec des faces du prisme, la plupart corrodés et entourés d'une auréole. L'orthose est entièrement chloritisée, les plagioclases, parmi lesquels certains revêtent la structure zonale, sont profondément décomposés. A côté de la biotite, on reconnaît de la hornblende; une partie seulement de ce minéral basique est d'origine primaire, car les grands cristaux, polychroïques, résultent de la transformation de l'orthose. Éléments accessoires: apatite, zirkon, hématite. La pâte est surtout granophyrique, mais avec tendance à la structure sphérolitique.

Les variétés pétrographiques du porphyre quartzifère sont encore nombreuses si l'on s'attache aux détails. Pour ne pas allonger trop la description, je me limiterai à un diagnostic plus bref pour les types suivants:

Porphyre quartzifère rouge-violet. Ses caractères minéralogiques le rapprochent du porphyre quartzifère rouge décrit plus haut. Il en diffère par la plus grande abondance de la biotite en grosses lamelles vert foncé (chloritisation) et par un enrichissement en quartz.

Porphyre quartzifère verdâtre. Ce type de porphyre est très variable et dérive comme le précédent du porphyre quartzifère rouge avec lequel il a des caractères communs. Les feldspaths conservent leur teinte rose et se détachent nettement d'une pâte variant du vert clair au vert foncé suivant l'état plus ou moins avancé de la décomposition.

Porphyre quartzifère rose. Ce porphyre est d'un habitus un peu plus spécial du fait de la pâte grenue, du développement moins parfait des feldspaths, de la rareté de l'élément basique. Le quartz semble par contre d'autant plus abondant et s'étale en grosses plages irrégulières. L'intensité de l'altération de cette roche entrave malheureusement un examen approfondi.

Porphyre feldspathique rouge-violet. C'est une très belle roche, à pâte finement grenue, de couleur rouge-violet. Les feldspaths roses, de 3 à 5 mm. de diamètre, ont leurs contours bien conservés, prismatiques ou quadrangulaires. L'élément ferro-magnésien apparaît sous forme de petites taches

vert foncé. Aucune trace de quartz ne s'aperçoit. La pâte l'emporte de beaucoup sur les phénocristaux qui sont très disséminés dans la roche.

Coupe mince. L'orthose constitue de gros cristaux fortement altérés à la périphérie où se sont amassés des produits de décomposition, de la calcite cristallisée unie avec de l'albite. Les plagioclases l'emportent sur l'orthose; ce sont des types acides, quelques-uns à structure zonale. La biotite est en partie épigénisée en calcite, en partie en chlorite; en outre, il y a quelques traces de hornblende. L'apatite apparaît isolément ou en inclusion dans les feldspaths, en cristaux prismatiques munis de la pyramide au sommet. Quelques petits grains de quartz ont persisté. Enfin divers produits secondaires ponctuent la roche: pyrite, limonite, etc. La pâte très abondante est à base de feldspaths séricitisés.

Porphyre feldspathique vert à structure trachytique. La roche est vert foncé. Les feldspaths roses, blanchâtres ou grisâtres ont 2 à 3 mm. de diamètre et sont répartis assez isolément dans la pâte: ce sont d'ailleurs les seuls éléments qui s'individualisent vraiment. Le quartz paraît faire défaut et l'élément basique est presque méconnaissable dans la pâte foncée; on distingue toutefois quelques amas irréguliers noirâtres.

Coupe mince. Tandis que les plagioclases en cristaux idiomorphes ou zonés sont très abondants, l'orthose semble rare ou du moins est difficile à identifier à cause des altérations avancées des phénocristaux. La biotite assez commune est presque totalement chloritisée; pour une part, elle provient visiblement de la décomposition des feldspaths. L'apatite forme des cristaux prismatiques assez grands et il y a quelques traces de quartz. Comme produits secondaires, j'ai observé de l'épidote (clinozoïsite), de la calcite, de la pyrite. La pâte est faite essentiellement de feldspaths décomposés, disposés en faisceaux plus ou moins parallèles comme c'est de mode dans la texture trachytique; localement elle revêt une allure fluidale.

Porphyre feldspathique verdâtre. L'altération très prononcée de la roche lui donne l'apparence d'un tuf porphyrique. Les feldspaths kaolinisés forment des taches irrégulières grisâtres ou blanchâtres, un peu poudreuses, ressortant sur un fond verdâtre lui-même ponctué de petits points blanchâtres.

Coupe mince. La détermination pétrographique est assez malaisée à cause de l'altération accentuée. La plupart des feldspaths sont trop décomposés pour permettre un diagnostic précis; quelques-uns ont conservé leurs contours cristallins; cependant la plupart des cristaux se résorbent graduellement dans la pâte. La structure lamelleuse ou zonée des plagioclases n'est cependant pas toujours oblitérée. La biotite primaire est entièrement chloritisée. Accessoirement on reconnaît de l'apatite, de la calcite, quelques grains de quartz, de la pyrite. La pâte est grenue, faite surtout de feldspath; il s'y adjoint du quartz qui semble plus abondant dans la pâte qu'en grains franchement individualisés.

Porphyre micropegmatitique rouge vif. Les phénocristaux sont de petite taille. Les feldspaths rouge vif ne ressortent de la pâte prépondérante et de même couleur que par leur éclat et par la présence de la macle de Carlsbad bien marquée sur presque chaque individu. Le quartz n'apparaît pas. Le minéral basique est disséminé assez abondamment dans la roche.

Coupe mince. Le quartz est souvent bipyramidé, très riche en inclusions vitreuses et gazeuses. Les plagioclases, en cristaux idiomorphes, sont développés surtout suivant l'axe *a*: c'est probablement de l'oligoclase. L'orthose, plus rare, apparaît en très beaux cristaux, développée en partie suivant [010]. La biotite abondante est comme toujours chloritisée. Les macrocristaux sont accompagnés de quelques cristaux de rutile, d'apatite, de magnétite. La pâte est essentiellement micro-pegmatitique, ponctuée par de la chlorite et par des produits de décomposition des feldspaths.

Porphyre felsitique à feldspath rose. C'est une roche très compacte, verdâtre, à cassure franche, ponctuée de points ou de traînées plus foncées, résidus d'un minéral basique décomposé. Sur les surfaces polies on reconnaît quelques cristaux de feldspath rose, de petites dimensions. Le quartz n'est pas visible. Cette roche apparaît sous forme de fragments parallélipédiques résultant de diaclases planparallèles qui fractionnent ce type de porphyres.

Coupe mince. Les phénocristaux sont rares, clairsemés dans une pâte abondante et uniforme. Une partie des feldspaths devaient primitivement appartenir à l'orthose, mais dans l'état actuel, ils sont

presque totalement chloritisés. Les plagioclases avec leurs macles de l'albite et Carlsbad réunies, bien que loin d'être indemnes, sont assez reconnaissables, et quelques-uns ont encore leurs contours cristallographiques très nets. Le quartz apparaît sporadiquement en petits fragments irréguliers. De l'élément ferro-magnésien il ne reste que la chlorite en amas informes, vaguement lamelleux. La base faite d'un mélange intime de feldspath décomposé associé à de la chlorite et à un peu de quartz, a une texture felsitique.

Porphyre feldspathique écrasé. La roche est de teinte vert foncé; elle est nettement schisteuse. On la voit toute parsemée de petits cristaux prismatiques blancs de 1 à 3 mm. de diamètre, orientés dans tous les sens.

Coupe mince. La texture primitive s'est trouvée modifiée à la suite d'actions dynamiques qui ont donné à ce porphyre une structure foliacée. Les phénocristaux sont abondants et appartiennent presque tous au groupe des feldspaths. Les grands cristaux, clairs, sont presque totalement décomposés: l'intérieur est transformé en chlorite tandis que la périphérie est envahie par le quartz qui est ici probablement un produit d'exsudation. Des cristaux plus petits de feldspath entièrement chloritisés forment des paillettes allongées, laminées et disposées en traînées parallèles. Un autre minéral très répandu, généralement contenu dans les feldspaths, est l'apatite, en cristaux trapus. La biotite est largement distribuée, son polychroïsme bien marqué va du jaune au brun. Le quartz, passablement rare, forme des plages de moyennes dimensions, fortement triturées et ne constituant plus que des amas en mosaïque.

Porphyre feldspathique à pâte sphérolitique. C'est une roche d'un habitus tout à fait particulier. Sur un fond de couleur brun foncé on distingue des cristaux rouges de feldspaths ainsi que des traînées blanchâtres, quelquefois parallèles, ou subparallèles, d'autrefois irradiant à partir d'un centre de feldspath rose.

Coupe mince. Une bonne partie des feldspaths sont des plagioclases partiellement altérés, à faces cristallines bien conservées, montrant les macles de Carlsbad et de Baveno. L'orthose paraît plus rare. Le minéral basique est entièrement chloritisé, avec précipitation d'ilménite et de pyrite. La pâte résultant de l'association intime de feldspath, de quartz et de chlorite a une texture globulaire. Le phénomène d'irradiation déjà perceptible à l'œil nu ou à la loupe est ici bien caractéristique: les traînées sphérolitiques qui rayonnent du cristal de feldspath se résorbent en partie dans la pâte plus fine, en partie se poursuivent assez régulièrement dans la roche.

Porphyrite à biotite. Cette roche verdâtre, légèrement grenue, est assez commune dans le Wildflysch de la Téraillonnaz alors que je ne l'ai pas retrouvée à Sus Cressin. Les phénocristaux, abondants et de grandes dimensions, sont quadrangulaires ou rectangulaires; à leur ton grisâtre et à leur éclat assez vif, on pressent un feldspath calcosodique.

Coupe mince. Les feldspaths se rapportent exclusivement au groupe des plagioclases. Ils forment de gros cristaux souvent idiomorphes, à lamelles hémitropes encore bien conservées (clivage d'après la loi de l'albite combinée avec celle de Carlsbad). Ce sont des plagioclases basiques, mais l'altération, sans être extrême, empêche une détermination rigoureuse. La biotite, chloritisée partiellement, est en cristaux assez volumineux. Enfin on observe quelques rares grains de quartz, peut-être en partie d'origine secondaire, de l'apatite, des filonnets de calcite dûs à la décomposition des plagioclases, ainsi que des amas irréguliers de pyrite. La pâte est constituée par du plagioclase associé à de la chlorite.

Tuf porphyrique. Il s'agit d'une roche grisâtre, légèrement rosée, d'un aspect vacuolaire, avec de gros amas d'un minéral vert, très abondant, atteignant jusqu'à 2 cm. de diamètre. On distingue en outre des petits cristaux rosés de feldspaths ainsi que quelques fragments de porphyres quartzifères parsemant ici et là cette roche très particulière.

Coupe mince. Les cristaux d'orthose ont des contours assez nets; ils proviennent d'un porphyre préexistant, car ils sont encore entourés d'une auréole semi-cristalline qui n'a pas été secrétée par le tissu du tuf. Les plagioclases, en grand nombre et partiellement décomposés, sont encore bien délimités. Le quartz apparaît en fragments anguleux ou en plages irrégulières, mais toujours avec l'ex-

tion droite. Le minéral basique si évident macroscopiquement appartient au groupe de la chlorite. Signalons enfin de nombreux cristaux de zircon. La pâte est constituée d'un peu de quartz avec prédominance de feldspath décomposé, ponctuée en vert par de la chlorite. L'«Aschenstruktur» est manifeste; en outre, quelques parties sont vitreuses.

Remarques sur les porphyres.

Bien qu'on ait signalé assez souvent des roches porphyriques dans les brèches et les conglomérats du Flysch et parmi les blocs exotiques, cependant ils semblent ne se trouver que très localement et en quantité négligeable, sous forme de petits galets mal conservés. Dans les Préalpes externes, on en connaît aux Voirons, où *Ch. Sarasin* en a décrit trois variétés; *E. Gerber* en mentionne une au Gurnigel (86). A Habkern, ni *Sarasin* ni *Beck* ne les signalent; il est assez probable qu'il s'en trouve, mais ici l'attention a été absorbée par les granites prépondérants et plus caractéristiques. Plus à l'E enfin, dans la région de Amden-Wildhaus, *Arn. Heim* en a décrit l'un ou l'autre.

Ils paraissent être plus fréquents dans le Flysch des Alpes françaises, du moins dans certaines zones. Selon *J. Boussac*, les galets porphyriques (felsophyres) sont les éléments les plus nombreux de la brèche du lac d'Allos (45, p. 214); il s'en trouve également dans les brèches des Aiguilles d'Arves (loc. cit., p. 224), donc dans les deux cas dans des zones équivalentes tectoniquement aux Préalpes externes, au moins en partie. Mais remarquons qu'ici la question si controversée du lieu d'origine des éléments cristallins ne se poserait pas, les porphyres provenant, selon *Kilian*, de régions toutes proches parfaitement déterminées.

Généralement le cas n'est pas si simple et faute d'un massif cristallin peu éloigné où l'on puisse avec certitude reconnaître des roches porphyriques analogues à celles dispersées dans le Flysch, on est obligé de chercher un peu partout dans les Alpes, ce qui n'est pas chose aisée. J'ai tenté toutefois de le faire dans une certaine mesure pour les porphyres, supposant que leur localisation assez précise pouvait faciliter cet examen critique: de fait la tâche est malgré tout délicate, on le verra par ce qui suit.

Si l'on se rapporte aux échantillons et aux descriptions pétrographiques des porphyres originaires des massifs centraux (Aiguilles Rouges, Val Ferret pour le Mont Blanc, Gastern et Windgälle pour le massif de l'Aar)¹⁾, on découvre bien peu d'analogies avec les roches homonymes du Flysch: leur lieu d'origine est ailleurs.

Selon *R. Staub* et *Alb. Heim*, les porphyres de la nagelfluh et du Flysch proviendraient des nappes austro-alpines inférieures (58). C'est probable, et les quelques échantillons de porphyres quartzifères rouges provenant de la nappe de la Bernina (porphyres de la Diavolezza) que j'ai pu comparer sembleraient le confirmer. Et l'on connaît des roches assez semblables dans la nappe de Languard. Ce qui rend toutefois ici les études comparatives un peu précaires, c'est que les roches des Grisons ont subi, plus qu'ailleurs, un dynamométamorphisme si intense, qu'il masque dans une certaine mesure la structure primitive des roches. On a vu cependant que de telles roches se trouvent aussi dans le Flysch. Dans le groupe pennique des Grisons, certaines variétés du «Rofnaporphyre» (nappe de la Suretta) ne sont pas sans de grandes analogies avec certains porphyres exotiques du Flysch.

C. Sarasin, *H. Schardt*, d'autres géologues encore, ont apparenté les porphyres du Flysch aux porphyres de la zone insubrienne, en particulier à ceux très connus de la région de Lugano. Il est évident, à première vue, que les porphyres de Lugano semblent concorder assez bien avec ceux du Flysch; surtout ils ont, les uns et les autres, un aspect très frais et sont généralement exempts de dynamométamorphisme. En outre, si l'on se rapporte aux descriptions pétrographiques, on trouve en effet des ressem-

¹⁾ J'ai consulté plus particulièrement les travaux suivants:

- 1° *J. Meyer*. Geologisch-petrographische Untersuchungen am Massiv des Aiguilles Rouges. Ecl. geol., vol. XIX, n° 1, 1916.
- N. Oulianoff*. Le massif de l'Arpille. Mat. N. S., liv. 54, II, p. 10.
- 2° *L. Duparc* et *F. Pearce*. Les porphyres quartzifères du Val Ferret. Arch. d. Sc. phys. et nat., 4° pér., t. IV, 1897.
- 3° *E. Truninger*. Geologisch-petrographische Studien am Gasternenmassiv. Dissertation, Bern 19, p. 19 et s.
- C. Schmidt*. Geologisch-petrographische Mitteilungen über einige Porphyre der Zentralalpen. 4. Bd., N. Jahrb. f. Mineralogie, 1886.
- W. Staub*. Gebirge zwischen Schächental und Maderanertal. Beitr. N. F., Lfg. 32.

blances dans la nature des éléments. Mais cela est loin d'être un caractère général et ne vaut en somme que pour certains porphyres quartzifères; pour les autres roches porphyriques, et principalement pour les porphyrites et les tufs porphyriques, on note bien des différences.

En résumé, de toutes les roches porphyriques décrites, un certain nombre seulement, parce que plus spéciales, peuvent être d'une utilité dans la recherche de leur lieu d'origine. Une partie des porphyres quartzifères peuvent être attribués à des endroits assez divers. Les porphyres exotiques qui me paraissent les plus typiques font défaut dans les massifs centraux. S'ils rappellent dans une certaine mesure ceux de la zone insubrienne, leurs ressemblances vont avant tout aux porphyres des nappes austro-alpines inférieures.

Les granites.

Les granites qu'on trouve à la Berra se ramènent assez aisément à quelques entités caractéristiques. Je me permettrai d'être très bref dans la description de la plupart d'entre eux, plus abondants dans d'autres régions qu'à la Berra et déjà longuement décrits ailleurs.

Granulites roses. Ce sont les roches granitiques les plus communes à la Berra. Elles sont à grain variable, généralement grossier. L'orthose est rose, quelquefois blanchâtre, à contours cristallins plus ou moins définis. Le quartz, vitreux, en larges plages irrégulières, témoigne une forte tendance granulitique. Les plagioclases, moins bien individualisés que l'orthose, sont grisâtres, légèrement verdâtres. La biotite est le plus souvent chloritisée, quelquefois l'on peut distinguer un peu de hornblende. Ces caractères se confirment sous le microscope. Les plagioclases sont représentés par de l'oligoclase. On reconnaît en plus un certain nombre d'éléments accessoires, apatite, rutile, etc.

Ces granites sont fréquents un peu partout dans les Préalpes externes, aussi bien aux Voirons et au Gurnigel qu'à la Berra, où j'en ai trouvé des blocs assez peu altérés et de dimensions considérables. On les retrouve à Habkern. En petits fragments, ces granites sont très répandus dans les Grès du Gurnigel.

Granites roses porphyroïdes. C'est dans cette catégorie que se rangent les granites typiques d'Habkern. A la Berra, ils sont relativement rares. On recueille bien des granites porphyroïdes, mais les cristaux de feldspaths ne sont pas aussi volumineux qu'à Habkern ni aussi nettement individualisés.

Une variété très belle avec de grands cristaux de feldspaths blancs et roses forme de gros blocs à Kloster.

Granite rouge à biotite. Ce granite est sensiblement différent des précédents. L'orthose rouge prédomine largement, le quartz est plus rare; son habitus hyalin le différencie du quartz grisâtre des granites décrits plus haut. La biotite forme ou des paillettes noires, témoignant encore d'une grande fraîcheur, ou des amas irréguliers entièrement transformés en chlorite.

Granites verts et roses. Ce sont des roches à grain moyen ou grossier, ayant une forte tendance à la structure porphyroïde par suite du développement accentué des cristaux de feldspaths roses. Les plagioclases, en quantité variable suivant les échantillons, passent des tons vert clair à une teinte d'un vert cru. Le quartz est vitreux, la biotite chloritisée. Ce granite correspond dans ses traits généraux aux variétés rouges et vertes d'Habkern, mais comme auparavant, avec un développement cristallographique moins parfait.

Je pourrais décrire d'autres granites, granites gris, à biotite plus ou moins abondante, granites roses ou rouges, etc.; ils me paraissent ne guère différer de ceux décrits par *Sarasin* pour la Berra, le Gurnigel ou Habkern. Et puis, la plupart sont dépourvus de caractères bien spécifiques: aussi, je n'insiste pas.

Granite vert. Celui-ci est presque totalement dépourvu d'orthose rose, fait assez rare. Il provient de Kloster et je n'en ai pas observé ailleurs. Le premier rôle appartient à des feldspaths vert clair, quelques-uns plus foncés. Le quartz en plages grisâtres est peu apparent, la biotite altérée se rapproche de la chlorite.

Coupe mince. La texture est grenue hypidiomorphe, avec légère tendance porphyroïde (développement des feldspaths). Le quartz à inclusions nombreuses constitue de vastes plages à extinction onduleuse. Les grands cristaux d'orthose, assez ménagés, ont maintenu leurs faces cristallographiques. Les plagioclases sont plus abondants, mais leur altération assez avancée (séricitisation) gêne une détermination rigoureuse; j'ai cru y reconnaître de l'oligoclase. La biotite, quoique modifiée par la chloritisation, témoigne d'un polychroïsme encore bien marqué: n_x -vert clair, n_y -vert foncé. Des cristaux prismatiques de rutile et de zirkon sont inclus généralement dans le quartz. L'apatite est très commune.

Granite rouge à grain fin (Microgranite). (Sus Cressin, Téraillonnaz, la Chablex.) Cette roche, très différente des autres granites rouges, s'apparente aussi bien aux porphyres qu'aux granites. L'orthose rouge avec des faces de clivage très brillantes a des dimensions très variées, allant de 1 à 10 mm. de diamètre; de même le quartz. L'élément basique, de la biotite, tranche par sa teinte vert sombre sur le fond rouge. J'ai recueilli un échantillon de ce granite d'une texture plus grossière, contenant des fragments anguleux de roches basiques (diorite?) noyés dans sa masse.

Coupe mince. Le quartz forme de larges plages, à extinction franche; il est criblé d'inclusions diverses; les plus volumineuses se révèlent comme de l'apatite et du zirkon. L'orthose en grands cristaux à faces irrégulières accuse de fortes altérations; elle est par endroits sillonnée de filonnets d'albite. Les plagioclases, du groupe albite-oligoclase, ont leurs contours mieux définis; alors que la partie centrale est décomposée, la périphérie est demeurée presque intacte. A côté de la biotite chloritisée, la muscovite intacte apparaît assez abondamment. Comme éléments accessoires ou secondaires, de l'apatite, de l'hématite, de la calcite. La texture de cette roche trahit deux venues successives de composition minéralogique analogue, mais la première à éléments de dimensions plus grandes.

Granite graphique rouge vif. J'ai trouvé des blocs assez considérables de ce magnifique granite à Sus Cressin; je ne l'ai pas observé ailleurs. La structure pegmatitique, presque fluidale, se reconnaît aisément à l'œil nu. Entre les feldspaths de couleur rouge, le quartz gris vitreux forme des travées plus ou moins parallèles s'anastomosant localement entre elles. Les éléments ferro-magnésiens sont plutôt rares, quitte à former par places des enclaves assez riches.

Coupe mince. La texture micropegmatitique est évidente. Les cristaux de feldspaths forment des séries parallèles entre lesquelles s'est écoulé le quartz en petits grains; quelques cristaux de feldspaths placés en dehors du train normal ont été entièrement cernés par le quartz qui se moule étroitement sur eux. Les feldspaths sont variés: orthose en grands cristaux peu altérés, maclés; microcline plus courant que l'orthose, formant de beaux cristaux avec le quadrillage caractéristique; oligoclase également fréquente, presque exempte d'altération, montrant la structure micropéritique. Comme éléments basiques, de la biotite chloritisée, de l'hornblende et de l'augite commune.

Granite porphyroïde rouge. (Sus Cressin.) Cette roche, assez commune et en gros blocs, est l'une des plus particulières parmi les roches exotiques. Elle est profondément différente des granites porphyroïdes précédemment décrits. Par ses phénocristaux bien individualisés elle tient autant du porphyre que du granite. Les cristaux de feldspaths ont en moyenne 2 à 3 cm. de longueur, 1 à 2 cm. de largeur sur 1 cm. d'épaisseur; ils sont soit rouge vif, soit, par l'effet de la kaolinisation, de teinte rose. Le quartz, grisâtre, forme des plages irrégulières, grandes de 1 cm. Tous ces éléments sont noyés dans une base vert sombre due aux minéraux basiques.

Coupe mince. On reconnaît de suite une structure cataclastique très prononcée et tout à fait générale. L'orthose en grands cristaux aux contours irréguliers est fortement altérée par une séricitisation avancée; la macle de Carlsbad déjà très apparente macroscopiquement est la seule qu'on reconnaisse dans la coupe. Le microcline moins commun que l'orthose, mais formant des cristaux plus grands est comme de coutume presque indemne. Les plagioclases du type acide, en grands cristaux idiomorphes, sont en partie décomposés avec précipitation de calcite. La cataclase se trahit ici par les lamelles hémitropes écrasées les unes contre les autres ou se moulant en se recourbant sur les noyaux de quartz. Quelques cristaux de plagioclase et de microcline sont inclus également dans l'orthose. Quant au quartz, sa trituration se traduit par des plages en mosaïque et par des extinctions onduleuses particulièrement

prononcées. Le minéral basique est représenté par de la chlorite qui dérive de la biotite, en partie aussi de l'hornblende; elle forme des lamelles irrégulières avec un clivage bien marqué; son polychroïsme est n_a -vert clair avec une nuance dans le jaune, n_γ -vert foncé; ses autres caractères optiques permettent de déterminer la pennine. Un minéral important est le sphène en beaux losanges d'un brun sombre; la transformation en leucoxène est généralement poussée assez loin. Des auréoles pléochroïques entourent le sphène; ces auréoles sont extrêmement intenses autour des cristaux prismatiques de zirkon. L'apatite apparaît en prismes souvent rompus par les actions dynamiques. Enfin, autour de la chlorite et disséminée dans la roche, on reconnaît de la pyrite magnétique.

Aplites et pegmatites. Je rapporte ces roches à la famille des granites, car elles en dépendent directement. J'ai recueilli suffisamment d'échantillons pour observer les passages graduels de l'aplite au granite aplitique; dans l'autre sens, on constate que les granites porphyroïdes conduisent à la texture pegmatitique.

Aplites. Des filons d'aplite, de teinte claire, souvent rosée, traversent souvent les granites rouges. Leur puissance est très variable, leur composition minéralogique assez constante: orthose rose, feldspaths blanchâtres (orthose et plagioclases), quartz, traînées chloriteuses. Ce sont des roches très communes, mais sans grande valeur pour le problème qui nous occupe ici.

Pegmatites. Un granite à biotite trouvé près de la Téraillonnaz a des parties pegmatitiques extrêmement développées. Les cristaux de feldspath rose (orthose) mesurent plusieurs centimètres de longueur et 3 à 4 cm. de largeur. Ils sont abondamment moulés par du quartz opaque en gros amas irréguliers. A Sus Cressin, aux Echelettes, j'ai trouvé des blocs très analogues. On y retrouve les mêmes éléments que dans les granites exotiques normaux, avec cette différence que les cristaux, quartz, feldspaths, biotite, muscovite sont de plus grande taille, mais à contours cristallographiques assez mal définis. Je n'y ai jamais constaté l'existence d'éléments hydroborés et hydrofluorés: aussi ne peut-on guère leur attribuer une origine pneumatolytique.

Remarques sur les granites.

Seuls les granites d'habitus particulier importent ici: or c'est le cas des granites rouges et des granites verts, tous assez localisés dans les Alpes. Les granites rouges, à part l'une ou l'autre apparition dans les massifs centraux (massif de Gastern ¹⁾, partie sud-ouest du massif des Aiguilles Rouges) sont caractéristiques des nappes austro-alpines [nappe de la Bernina selon *Alb. Heim* (58, p. 708)] et de la région insubrienne. Les granites verts, eux aussi, paraissent avoir une extension limitée, quoique moins restreinte que celle des granites rouges; ils jouent un rôle important dans les unités austro-alpines inférieures (granite Err-Albula).

Ces granites sont toutefois loin d'être identiques aux granites exotiques: de là est née une extrême confusion dans les rapprochements. Les fameux granites d'Habkern ont donné naissance à quantité de rapprochements et d'hypothèses plus ou moins justifiées: ce n'est pas le lieu ici de toutes les rappeler. L'hypothèse de la chaîne vindélicienne de *B. Studer* survit de nos jours dans celle de *L. Rollier* qui persiste à croire à l'existence d'une barre granitique sous les nappes helvétiques, qui apparaîtrait au jour sur le sol français, à Chamagneu (59). Généralement, c'est dans le domaine austro-alpin ou dinarique qu'on a tenté de retrouver les équivalents de ces roches: jusqu'à présent, ces efforts ne semblent pas avoir directement abouti. Récemment encore, *F. Heritsch* a signalé une identité presque complète du granite d'Habkern avec le granite de Pechgraben, dans les Alpes autrichiennes. Une étude très serrée des roches d'Habkern apportera peut-être des résultats plus précis.

En attendant, de tous les granites décrits à la Berra, deux seulement me paraissent avoir un équivalent dans les Alpes: le granite vert dont on ne peut nier une identité presque parfaite avec les granites de la nappe d'Err, ensuite le granite porphyroïde rouge; suivant *M. R. Staub* auquel j'ai fait voir ce type de roche à Sus Cressin, il a avec le granite du Canavese des ressemblances très profondes.

¹⁾ *E. Truninger.* Geologisch-petrographische Studien am Gasternenmassiv. Inaug.-Diss. Bern 1911, p. 7.

Schistes cristallins.

Gneiss œillés roses. Ce sont des gneiss à larges membranes de biotite et de muscovite, accusant généralement une chloritisation avancée. Leur foliation est fréquemment rompue du fait de l'existence de lentilles de quartz et de feldspath interpénétrés, autour desquelles se moulent les feuillets micacés; ces lentilles peuvent atteindre plusieurs centimètres de diamètre.

Ces gneiss dérivent sans aucun doute de granites roses tels que ceux décrits plus haut; leur structure actuelle est le résultat d'actions dynamiques. Ces roches, assez communes à la Berra, à Sus Cressin par exemple, manquent totalement à Habkern, selon *P. Beck* (41, p. 44). On les connaît par contre aux Voirons et *Sarasin* en a donné une description microscopique (loc. cit., p. 601).

Gneiss rose à micas. Leur surface est recouverte de paillettes abondantes de biotite plus ou moins altérée, d'où une apparence de muscovite. Certains de ces gneiss contiennent d'ailleurs les deux micas.

On peut rapprocher ces gneiss du «*roter Biotit-plagioklasgneis*» décrit par *D. Trümpy* dans la brèche jurassique du Falknis (57, p. 132).

Gneiss gris à muscovite et biotite. J'ai recueilli de nombreux échantillons de telles roches, soit avec l'un ou l'autre mica, soit avec les deux. Je n'insiste toutefois pas sur ces gneiss presque toujours fortement altérés et qui ne se différencient que peu ou pas du tout des gneiss des massifs centraux ou des noyaux cristallins des nappes. Je signalerai uniquement le fait que certains fragments sont très intensément plissotés.

Schistes cristallins à micaschistes et à chlorite. Ces roches sont abondantes, surtout aux Echelettes où on en trouve de gros blocs. Ils revêtent une allure schisteuse très accentuée. Leur habitus est nettement celui de sédiments métamorphiques; ils rappellent à s'y méprendre certains types des schistes de Casanna.

Schistes gréseux métamorphiques. (Echelettes.) La nature primitivement sédimentaire de ces roches se reconnaît sans peine sur les faces perpendiculaires aux surfaces de schistosité où l'habitus gréseux est bien apparent. D'ailleurs, la structure schisteuse n'est qu'imparfaitement réalisée et les membranes chloriteuses comme les paillettes de mica sont disséminées assez irrégulièrement dans ces roches.

Schistes chloriteux. Les schistes cristallins verts, satinés, sont extrêmement fréquents dans les brèches du Wildflysch et apparaissent en gros blocs dans les divers gisements de blocs exotiques. Ces roches, assez variables dans le détail, peuvent se ramener à quelques types bien déterminés. La chlorite qui est l'élément prédominant est habituellement moulée autour du quartz ou plus exactement autour de quartzite verdâtre, de sorte que toute la roche est uniformément verte, en même temps que très dure et très compacte. Ailleurs, le quartz reste grisâtre ou légèrement verdâtre tandis que la chlorite qui dérive ici probablement de l'hornblende et de la biotite associées a des tons vert foncé ou noirâtres.

Coupe mince. La chlorite occupe surtout les plans de schistosité; ailleurs, elle est disposée en amas irréguliers. Elle est polychroïque dans les tons verts. Il n'est guère possible de préciser exactement de quels minéraux primaires elle dérive. Partiellement elle provient de la biotite, car elle en a gardé les contours cristallographiques. Pour une autre part, elle résulte soit de l'hornblende, soit de feldspaths décomposés et laminés. Le quartz constitue de larges plages à extinction onduleuse. En fait d'éléments secondaires, on reconnaît de la magnétite, de l'hématite?, quelques cristaux de tourmaline.

Diorites. J'en ai trouvé quelques gros blocs à Sus Cressin où on les reconnaît aisément. Elles sont en effet entourées d'une croûte rougeâtre très caractéristique. Elles sont malheureusement fortement altérées, de sorte que leur étude microscopique ne fournit pas tous les résultats désirés. On y reconnaît cependant des plagioclases basiques (à l'exclusion de l'orthose), de l'hornblende, de l'augite, un peu de quartz. Des résidus ferrugineux ponctuent abondamment la roche.

Remarques sur les schistes cristallins.

Les gneiss en soi sont trop peu différenciés, leurs caractères sont trop semblables dans les diverses régions des Alpes pour permettre de reconnaître la provenance des roches homonymes exotiques. Les gneiss ocellés sont les mieux individualisés; leur lieu d'origine se confond avec celui des granites roses dont ils ne sont que des variétés modifiées par les actions cataclastiques. Les schistes chloriteux et dans une moindre mesure les schistes sériciteux dérivent pour une part de roches porphyriques laminées par le dynamométamorphisme: en recherchant avec soin de nombreux échantillons, on parvient à reconstituer la série des roches progressivement modifiées. Pour une autre part, les schistes chloriteux proviennent de roches sédimentaires métamorphisées, en particulier de quartzites micacées.

J'ai groupé avec les schistes cristallins les diorites. Elles font assez naturellement suite aux schistes chloriteux et amphiboliques et marquent avec eux, pour les roches exotiques, les termes extrêmes de la basicité.

Roches sédimentaires.

Permo-Carbonifère.

Comme on peut s'y attendre, il n'est pas aisé de reconnaître d'une façon absolument sûre des roches datant de cette période.

J'ai rangé ici les quartzites métamorphiques, ce qui ne veut pas dire qu'ils appartiennent tous, nécessairement, au Permien. Ces roches, par leur structure primaire, tiennent des roches sédimentaires, mais très souvent le métamorphisme a été poussé si loin qu'on ne peut les distinguer de certains types propres aux schistes cristallins. J'ai d'ailleurs groupé avec les schistes cristallins, sans préjuger de leur âge, certains micaschistes et schistes chloriteux qui probablement auraient place ici, puisque j'y ai signalé des ressemblances profondes avec les schistes de Casanna, par exemple. Comme déjà dans les massifs cristallins on se trouve en face d'une telle solidarité entre ces divers types de roches qu'une séparation précise est difficile et souvent arbitraire, on conçoit fort bien que cette imprécision se retrouve multipliée là où l'on ne trouve que des débris épars, comme c'est le cas à la Berra.

Cela dit, constatons que les quartzites à faciès phylliteux, quartzites sériciteux ou chloriteux sont très communs dans le Flysch. Des roches tout à fait analogues se retrouvent dans les nappes austro-alpines; M. R. Staub m'a montré à Sus Cressin des types très semblables à ce qu'il a trouvé dans le Permien de certaines unités austro-alpines, mais leur extension est un peu trop large pour permettre une localisation rigoureuse; on a des roches identiques dans la zone pennique, par exemple dans la nappe de la Dent Blanche.

Certains quartzites sont très compacts, d'autres ont des parties très finement schisteuses et luisantes. Sur des fragments polis, on distingue à l'œil nu des plissottements multiples marqués par des bandes vert foncé sur un fond plus clair. Sous le microscope, ces plissottements sont remarquablement nets: les bandes foncées sont dues à de la chlorite alors que les plus claires sont faites d'un agrégat de quartz et de chlorite subordonnée. Le quartz formant des agglomérations de grains engrenés les uns dans les autres présente toujours l'extinction onduleuse. Il s'agit dans ce cas de grès quartzeux modifiés.

Quant aux quartzites non métamorphiques, quartzites rosés, micacés, etc., je me borne à les signaler malgré leur abondance, car ils ne sont d'aucun secours dans la question qui nous préoccupe ici.

Je n'ai rien trouvé à la Berra qui puisse répondre au Carbonifère. Mais aux Voirons, M. Douxami a jadis trouvé des blocs de grès et de schistes à Calamites, Nevropteris et Sphenopteris (20).

Trias.

Dolomies triasiques. (Sus Cressin.) Ce sont des roches d'habitus compact, à cassure écailleuse, de teinte brune ou gris foncé à l'intérieur, jaune ocreux et fortement corrodés à la surface. D'autres échantillons ont des tons plus clairs et rappellent par leur aspect la dolomie principale. Ces blocs sont assez faciles à reconnaître parmi les autres roches exotiques, bien qu'ils ne soient pas particulièrement abondants.

Brèche à cailloux dolomitiques. (Sus Cressin.) Les cailloux dolomitiques sont anguleux, mesurant en moyenne 1 cm.; quelques-uns atteignent 6 à 7 cm. de diamètre. Ils sont de teinte claire et maintenus par un ciment calcaire noirâtre.

Ce sont les seules roches qui puissent être attribuées avec certitude au Trias; elles ne fournissent guère d'indications sur leur lieu d'origine. Comme caractère négatif, il faut noter l'absence, semble-t-il complète, du Trias austro-alpin. Et cette remarque paraît valoir non seulement pour ma région, mais pour l'ensemble du Wildflysch; je ne sache pas du moins qu'on ait signalé jusqu'à présent parmi les éléments exotiques, des roches, pourtant assez aisées à reconnaître, du Trias austro-alpin.

Ce fait est en outre intéressant à signaler parce qu'il marque une différence sensible vis-à-vis des éléments exotiques de la Nagelfluh néogène dans laquelle les roches triasiques à faciès austro-alpin sont toujours présentes, quelquefois en grande abondance (dolomie du Wetterstein, Muschelkalk, Dachsteinkalk, etc.)

Lias.

Brèche à Echinodermes. (La Téraillonnaz, Sus Cressin.) C'est une très belle roche, faite presque exclusivement de l'accumulation de Crinoïdes; ceux-ci ont en moyenne 0,5 à 1 cm. de diamètre. Quelques fragments de calcite sont rouge-brun, mais de manière générale la roche a une teinte brun clair, légèrement rosée. Mais son intérêt principal est dans la présence de fragments de roches étrangères disséminés dans sa masse; ces fragments atteignent parfois plusieurs cm. de longueur. Ce sont des schistes chloriteux, des micaschistes, des granites verts et rouges, et, comme roches sédimentaires, des calcaires dolomitiques jaunes. A côté des Crinoïdes parmi lesquels on reconnaît *Pentacrinus basaltiformis*, MILL., la roche contient quelques *Pecten*, des *Cardium* et d'assez nombreuses Bélemnites.

J'ai pu y déterminer:

Pecten (*Chlamys*) cf. *texturatus*, MÜNSTER, deux exemplaires.

Calcaire à Echinodermes avec cailloux cristallins. (Téraillonnaz.) De teinte plus claire que la roche précédente à laquelle elle est certainement liée, ce calcaire dont j'ai trouvé plusieurs blocs assez volumineux contient lui aussi une petite faune. Les facettes de calcite ont de 1 à 3 mm. de diamètre, rarement davantage. La roche renferme en assez grande abondance des grains de quartz ainsi que des feldspaths roses; de même que dans la brèche à Echinodermes, on y observe des fragments de 1 à 2 cm. de granite rouge, de granite basique (diorite?) de porphyres, etc. La faune est la suivante:

Rhynchonella plicatissima, QUENST.

Rhynchonella, sp. indet.

Terebratula punctata, SOW.

Terebratula Andleri, OPPEL.

Terebratula basilica, OPPEL. Jeune type sur lequel les deux arêtes divergentes sur les valves n'apparaissent pas.

Spiriferina, sp. indet.

Pecten, sp. indet.

Modiola, sp. indet.

A Sus Cressin, j'ai trouvé des roches très semblables à celles-ci contenant pareillement des cailloux granitiques souvent même de plus grandes dimensions; un gros bloc trouvé lors de l'excursion de la Société géologique suisse à la Berra a fourni de magnifiques échantillons; il contenait, en plus d'un grand *Ctenostreon*, plusieurs *Rhynchonelles* et des *Térébratules*.

Autres roches à Echinodermes. Je pourrais encore allonger la liste de ces roches. Certaines sont composées exclusivement de petits articles de Crinoïdes maintenus par un ciment peu abondant, d'autres au contraire ont un habitus très compact; toutefois, sur les surfaces corrodées, on reconnaît toujours des Crinoïdes.

Calcaire à inclusions cristallines. (Téraillonnaz.) Il s'agit d'un calcaire assez compact, de teinte brune, à cassure écaillée avec quelques traces de cassure spathique. Il contient de grandes inclusions

étrangères mesurant plusieurs cm. de diamètre et complètement noyées dans la base calcaire. Les fragments, toujours anguleux, appartiennent à du granite vert, ou rouge, à des calcaires divers vraisemblablement triasiques.

A Sus Cressin j'ai trouvé également des calcaires spathiques à grains de quartz plus ou moins abondants et à inclusions assez considérables de granite.

Roches de passage. (Sus Cressin.) Quelques gros blocs permettent de ranger dans le Lias un certain nombre de roches d'habitus assez différent qu'il serait autrement difficile d'attribuer à une période déterminée. C'est ainsi qu'un de ces blocs de dimensions maniables a sa partie inférieure (ou supérieure, c'est relatif) formée d'une véritable lumachelle à Brachiopodes et à Bivalves tandis que sa partie supérieure est constituée par un calcaire spathique à Bryozoaires et à Coralliaires; latéralement, cette curieuse roche passe graduellement à un calcaire assez compact, d'autre part à un grès siliceux très dur et dont on observe beaucoup de fragments isolés à Sus Cressin.

Calcaires gréseux à Pecten. (Sus Cressin.) Ce sont des roches foncées, sillonnées de veinules jaunâtres de calcaire. Elles sont extrêmement communes dans le Flysch. Sur un fragment j'ai recueilli: *Pecten subulatus*, MÜNSTER, du Lias.

D'autres fragments contenaient des Térébratules, un autre une ammonite (*Aegoceras*?).

Remarques sur les roches du Lias.

Certaines roches exotiques liasiques, notamment les roches échinodermiques, rappellent singulièrement certains types connus du Lias des Préalpes médianes. Mais il ne faut pas trop spéculer sur ces questions de faciès, car de telles roches sont susceptibles de se retrouver presque pareilles dans bien d'autres régions. La plupart des roches exotiques du Lias rentrent dans les «formations ubiquistes» de *E. Haug*, c'est-à-dire des formations qu'on rencontre dans les unités tectoniques les plus diverses des Alpes.

Ce qu'il y a de bien particulier dans le Lias exotique de la Berra, c'est la présence de feldspath rose et surtout de fragments de granites rouges et verts tout à fait identiques aux granites des blocs exotiques. Ces fragments sont eux-mêmes de véritables roches exotiques déposées à l'époque liasique dans des sédiments de calcaire organogène à la suite d'un transport difficile à préciser. Aujourd'hui nous les retrouvons dans des blocs de Lias déposés à leur tour dans les schistes du Wildflysch, et c'est là un curieux cas de récurrence du même phénomène, de l'exotisme à la deuxième puissance. C'est en outre la preuve que dès le Lias, les massifs cristallins qui, plus tard, vont alimenter abondamment de leurs débris les mers du Flysch, sont en proie à l'érosion qui s'attaque déjà aux parties cristallines.

Dans la zone subalpine qui s'allonge à l'E du lac de Thoun on connaît de longue date des «klippes» de Lias qui surgissent au milieu du Flysch. *E. Gerber* a cherché à rapprocher celle de l'affleurement principal qui porte le nom de Bodmi, du Lias des Préalpes médianes; il n'a pas abouti à des résultats définitifs. J'avais envisagé que peut-être il y aurait ressemblance entre ce «Bodmilias» et le Lias exotique de la Berra; mais les nombreux échantillons de «Bodmilias» déposés au Musée d'histoire naturelle de Berne et que *M. Gerber* m'a montrés très obligeamment ne semblent pas permettre un tel rapprochement.

Dans la même région, *P. Beck* a signalé au Horrenmettlen graben (N du Sigriswilergrat) un bloc de Lias avec des fragments granitiques (42, p. 47); ce géologue envisage ce bloc comme un conglomérat éocène où seraient mélangés le Lias et d'autres éléments étrangers; j'incline à y voir le même phénomène qu'à la Berra.

Dogger.

Calcaire gréseux à Oppelia. Lors de l'excursion de la société géologique à la Berra, *M. A. Jeannet* a eu la chance de découvrir à Sus Cressin un gros bloc de calcaire contenant de nombreuses *Oppelia*. Il s'agit d'un calcaire gréseux, légèrement micacé, cimentant des petits grains de calcaires divers et des grains de quartz abondants. Comme faune on a:

Oppelia fusca, QUENST.

Il s'agit donc du Bathonien.

Calcaires marneux. (Sus Cressin.) Parmi les blocs exotiques sédimentaires, les calcaires marneux comme les calcaires gréseux ne manquent pas. C'est probablement par de telles roches que les autres étages du Dogger sont représentés. Mais comme je l'ai déjà dit en commençant, une description détaillée de roches aussi banales, dont l'attribution demeure toujours précaire, est parfaitement inutile.

Je les signale ici parce que fréquemment elles contiennent des fragments ou des empreintes indéterminables d'Ammonites. J'ai toutefois pu y reconnaître une *Parkinsonia*.

Je ne sache pas que l'on ait jamais signalé parmi les blocs exotiques, ainsi que l'affirme *E. Haug*¹⁾, le Dogger à Zoophycos caractéristique des Préalpes médianes et des Préalpes inférieures. En tous cas, il ne semble pas qu'il existe parmi les blocs exotiques de la Berra traces de Dogger à *Mytilus* ni de Dogger à Zoophycos. Par contre, ce dernier se trouve en lames dans le Wildflysch (zone du Hohberg près du Lac Noir).

Quant aux roches certainement exotiques du Dogger, elles ne permettent aucun rapprochement de quelque valeur.

Roches du Malm.

Calcaires compacts du Malm. Ces roches sont relativement fréquentes, souvent avec des *Aptychus*. Mais c'est avec elles surtout qu'il s'agit de prendre garde de ne pas les confondre avec des débris provenant de lames tectoniques. Le gisement de Sus Cressin, encore une fois, est précieux à ce propos.

Ces calcaires, dont la teinte est assez variable, tantôt claire, tantôt foncée, ne se différencient en rien du Malm des Préalpes médianes; mais on peut tout aussi bien les rapporter au Jurassique supérieur (Séquanien-Portlandien) des Préalpes externes, tel qu'on le connaît aux Pléiades et au Montsalvens: c'est le faciès du «Chatelkalk» de *B. Studer*.

Calcaire compact à cassure lisse. Ce calcaire, extérieurement blanchâtre, brun ou grisâtre à la cassure, est compact, lisse, légèrement marneux, ce qui le met un peu à part des autres calcaires du Malm. Dans un bloc j'ai trouvé un petit *Perisphinctes*, dans un autre un *Phylloceras*, indéterminables spécifiquement.

Certains calcaires compacts blanchâtres, à *Calpionella alpina*, *LORENZ*, ne sont pas discernables du Majolica bianca ou Biancone, tel qu'on le trouve dans la zone dinarique, par exemple au S de Lugano. Mais l'absence presque complète de radiolarites qui ne manquent pas d'accompagner normalement le Biancone oblige à laisser ce rapprochement de côté. Ajoutons à ce propos que le même cas se présente ailleurs, par exemple dans le Flysch au N du Fluhbrig (S de Einsiedeln) où des calcaires clairs compacts sont désignés par *A. Ochsner* comme Biancone (71, p. 103).

Malm à faciès gréseux. (Sus Cressin, Téraillonnaz.) Le passage du calcaire compact au grès s'observe aisément sur les échantillons. Sur certains le calcaire d'habitus très compact passe subitement à un grès grossier; ce grès, assez dur, est fait de grains de quartz de 1 à 2 mm. de diamètre, mais pouvant aller jusqu'à 5 et 10 mm.; comme en outre il contient toujours des fragments de feldspath, il ne manque pas d'analogie avec le Grès du Gurnigel. Sur d'autres échantillons, le passage du calcaire au grès se fait graduellement, le calcaire se chargeant peu à peu de grains de quartz; quelquefois, les grès à feldspath rose forment des sortes d'enclaves dans le calcaire compact.

Lumachelle à Aptychus. (Téraillonnaz.) Je n'ai trouvé qu'un seul bloc, mais assez considérable, de cette curieuse roche, faite presque exclusivement de l'accumulation d'*Aptychus* de toutes grandeurs. On y reconnaît en outre des Crinoïdes et des débris de Polypiers. Tous ces organismes sont noyés dans un ciment semi-compact, semi-cristallin. Les *Aptychus* appartiennent tous aux espèces du Jurassique supérieur. Ce sont:

Aptychus sparsilamellosus, GÜMB.

A. Beyrichi, OPPEL.

A. punctatus, VOLTZ.

Je ne connais nulle part de roches analogues. Il existe bien dans les lames de Malm de la Téraillonnaz une lumachelle à *Aptychus*; elle est toutefois très différente d'habitus.

¹⁾ *E. Haug*. Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales. Bull. Soc. géol. de France, 4^e sér., t. 25, p. 205.

Autres calcaires du Malm. Sur un échantillon de calcaire compact à *Aptychus*, on voit la roche passer assez subitement, à peu près suivant un plan horizontal, à un calcaire coralligène. J'ai encore recueilli de nombreux calcaires assez compacts, grisâtres ou rougeâtres, à empreintes d'ammonites qui, peut-être, appartiennent au Malm.

Radiolarites vertes. Les gisements principaux de blocs exotiques ne contiennent pas de radiolarites, à l'exception de quelques petits fragments découverts à Sus Cressin. Dans le Grès du Gurnigel, ces roches s'observent quelquefois, exceptionnellement dans les brèches du Wildflysch. Par contre, les radiolarites que j'avais signalées dans ma note préliminaire (87) vers le haut du ruisseau des Roches n'en sont probablement pas: indiscernables macroscopiquement des véritables radiolarites, elles se révèlent sous le microscope comme des roches à tissu siliceux assez fin dans lequel on ne reconnaît pas spécifiquement de radiolaires.

Remarques sur les roches du Malm.

J'ai signalé plus haut les rapprochements que les calcaires compacts suggèrent; ils sont en réalité assez imprécis. Leur ressemblance avec le Malm préalpin n'est peut-être que fortuite; c'est d'ailleurs à peu près le seul point de rencontre avec les roches des Préalpes médianes et l'on constate combien il est aléatoire. La présence de radiolarites est très rare: il paraît en être ainsi partout, car je n'ai jamais vu le signalement de ces roches au milieu des blocs exotiques des autres régions de la Suisse.

Le Malm à faciès gréseux est plus particulier. Ce faciès a été signalé dans les Préalpes médianes (Stanserhorn), dans les klippen de Grabs (Rheintal), mais surtout dans la nappe du Falknis. Je me borne à noter le fait ici pour y revenir plus loin, lors de la description des lames tectoniques où ce faciès du Malm est encore mieux marqué.

Roches du Crétacé inférieur.

Calcaires compacts clairs tachetés. Ces calcaires sont communs surtout aux Echelettes. Je les range dans le Crétacé inférieur par analogie avec les roches très semblables du Néocomien des Préalpes médianes. Un calcaire à peu près semblable recueilli à Sus Cressin contenait une Bélemnite.

J'ai fait auparavant un certain nombre de réserves sur les analogies plus ou moins grandes des roches préalpines supérieures avec les roches exotiques. Toutefois, ici la ressemblance est indiscutable. Venons-en maintenant à des roches beaucoup plus particulières du Crétacé inférieur.

Roches à Orbitolines.

Ces roches se présentent sous des aspects extrêmement variés: seule, la présence d'*Orbitolines* donne à ce groupe une certaine unité. Réduit à étudier ces variétés d'après des fragments accumulés au même endroit, à Sus Cressin, il est difficile de reconnaître si ces roches se reliaient entre elles par des passages verticaux ou horizontaux; probablement les deux cas intervenaient.

Voici les variétés les plus caractéristiques:

Calcaire oolithique. Roche brun clair, apparemment compacte. Sur les surfaces corrodées ou à la loupe, on reconnaît aisément le caractère oolithique de la roche. En plus des oolithes noyées dans un tissu abondant, on observe des Miliolles, des Coralliaires, des *Orbitolines*. Sur un fragment j'ai reconnu quelques *Lamellibranches*.

Calcaire spathique. Roche brun foncé, partiellement spathique, partiellement oolithique. Comme organismes très abondants et bien reconnaissables déjà macroscopiquement, citons les *Orbitolines*, les Miliolles, des Crinoïdes. Par endroits, le calcaire est silicifié par précipitation de calcédoine et de jaspe.

Calcaire glauconieux. Cette variété est très voisine du type précédent: les organismes aussi divers que nombreux sont l'élément essentiel de la roche. La glauconie est répandue irrégulièrement, en petits amas.

Calcaire à grains de quartz. La roche est d'habitus grés-spathique. Sur un des échantillons recueillis on voit ce type de roche passer brusquement à un calcaire marneux très différent des roches à Orbitolines; le changement est si brusque et subit qu'on peut se demander s'il ne s'agit pas d'une inclusion sédimentaire. Les grains de quartz font saillie sur les surfaces corrodées alors que sur les cassures fraîches on remarque surtout les faces de clivage de la calcite édifiant le fond de la roche. Les Orbitolines et les Miliolites sont plus rares que dans les autres variétés.

Calcaire spathique à fragments dolomitiques. Ici les Orbitolines et les Miliolites sont très difficiles à reconnaître macroscopiquement. La roche, fortement spathique, est de teinte sombre. Sur la surface corrodée des petits fragments dolomitiques jaunes apparaissent abondamment; ailleurs la dolomie a disparu, ce qui donne à la roche un aspect vacuolaire.

Grès à Orbitolines. De teinte assez claire, la roche rappelle au premier abord certains grès à organismes du Flysch. Les grains de quartz sont assez gros, mesurant 0,5 à 4 mm. de diamètre, rarement davantage. On voit encore quelques autres éléments détritiques, mais aucune trace de mica. Le ciment nettement calcaire et bien fourni donne à la roche l'apparence d'un calcaire gréseux. Quant aux Orbitolines, elles sont nombreuses, mais toutes de petite taille, en moyenne 1 à 2 mm.

Calcaire bréchoïde. Ce calcaire renferme des inclusions considérables mesurant jusqu'à 7 à 8 cm. de diamètre, d'un calcaire blanchâtre, assez compact. Ici les divers organismes précédemment cités sont bien visibles.

Brèche à Orbitolines. La brèche n'est pas très grossière; les éléments détritiques qui la constituent sont tous calcaires et sont fortement cimentés par un calcaire assez abondant, en partie spathique.

Calcaire spathique à feuillets marneux. C'est la variété la plus caractéristique en ce qui concerne les Orbitolines. Celles-ci apparaissent abondamment à la surface où elles font saillie; elles sont pour la plupart de grandes dimensions et plusieurs atteignent 5 mm. de diamètre. La roche qui les contient est un calcaire spathique, à glauconie abondante; elle est entrelardée très irrégulièrement de feuillets marneux foncés.

Calcaire bréchoïde. Cette variété est d'un habitus assez spécial à cause de son aspect spongieux provenant de l'altération de fragments dolomitiques inclus en grande quantité. La masse principale est constituée par un calcaire compact, par endroits un peu spathique. A côté des fragments dolomitiques ocreux, on aperçoit d'autres fragments d'un calcaire compact, de Malm peut-être, à moins qu'ils n'appartiennent tout simplement à la pâte principale susceptible de changements brusques.

Coupes minces. Toutes ces roches à Orbitolines sont magnifiques sous le microscope. Les Orbitolines, très nombreuses, sont remarquablement nettes et bien conservées: elles apparaissent sous les sections les plus diverses et contiennent assez fréquemment dans leur réseau quelques petits grains de quartz; certaines sont partiellement silicifiées. Il s'agit généralement de l'*Orbitolina lenticularis*, BLUM. (D'ORB.) Les Miliolites sont extrêmement communes; le type *Quinquelocula* est le plus répandu. Quelques-unes forment les noyaux d'oolithes. Les sections de Diplopores semblent correspondre à la *Diplopora Mühlbergi*, LORENZ. Les oolithes sont de tailles très variées: quelquefois un organisme occupe bien le centre de l'oolithe, le plus souvent ce n'est pas le cas. On reconnaît en outre quelques Textilaires, des débris de Bryozoaires et d'Echinodermes, des spicules calcaires. Suivant les variétés, les fragments détritiques sont plus ou moins abondants.

La base de ces roches est faite de calcaire par endroits finement grenu, ailleurs assez largement cristallisé. Il s'y glisse toujours un peu de quartz secondaire qui a tendance à former autour des oolithes des sortes d'auréoles; la structure de la calcédoine est alors bien visible.

Types siliceux. Certaines roches à Orbitolines, primitivement calcaires, ont été fortement modifiées par l'introduction abondante de quartz secondaire. C'est le cas pour un calcaire siliceux où la transformation est telle que la calcite ne joue plus qu'un rôle tout secondaire. La roche est compacte, à cassure écailleuse, absolument pétrie d'Orbitolines qui apparaissent en saillie sur les surfaces corrodées.

Coupe mince. Silicification très avancée. Les Orbitolines ont les interstices du test imprégnés de calcédoine tandis que le tissu principal est fait de calcite interpénétrée de silice. Les autres organismes sont profondément altérés par épigénie causée par le SiO_2 ; on reconnaît encore des Miliolles, des Bryozoaires. La calcédoine forme le fond de la roche: seuls, quelques noyaux de calcite ont persisté. Autour des Orbitolines le quartz néogène forme des sortes d'auréoles dentelées à pointes pyramidales.

Age des roches à Orbitolines. La détermination d'âge de ces roches est assez facile, à condition de disposer d'un grand nombre d'Orbitolines; cette condition est partiellement réalisée à Sus Cressin. En tous cas, l'existence de *Orbitolina lenticularis*, BLUM. (D'ORB.), est certaine. La présence du couple *Orbitolina conoïdea-discoïdea*, GRAS, que certains auteurs d'ailleurs identifient à *O. lenticularis*, me paraît également assurée. Ces Orbitolines sont caractéristiques de l'Aptien. La roche suivante témoigne que le Barrémien est aussi représenté par des roches à Orbitolines.

Calcaire oolithique barrémien. C'est une roche oolithique brune, d'aspect compact. Comme précédemment, on reconnaît déjà à l'œil nu des Orbitolines, des Miliolles, des Coralliaires, des sections de Crinoïdes.

Ici toutefois il ne s'agit pas de *O. lenticularis*; on reconnaît nettement: *Orbitolina convulus*, DOUV., du Barrémien supérieur.

On sait que cette espèce d'Orbitolines est assez rare en Suisse. A. Jeannet l'a signalée pour la première fois dans le Crétacé inférieur du Montsalvens, dans un calcaire partiellement oolithique, partiellement lumachellique, très différent de la roche exotique que je viens de décrire.

Il ne semble pas qu'il y ait dans les roches exotiques du Crétacé des Orbitolines cénomaniennes; en tous cas, en consultant les nombreuses collections du Musée géologique de l'Université de Lausanne, j'ai pu constater les profondes différences avec les roches cénomaniennes à Orbitolines de la nappe de la Simme avec lesquelles on serait peut-être tenté d'établir des rapprochements.

Remarques sur les roches du Crétacé inférieur.

Il est incontestable que dès que l'on cherche des rapprochements, c'est d'abord le «Schrattenkalk» ou calcaire urgonien de la région helvétique, familier à chacun, qui rappelle surtout les roches exotiques à Orbitolines. La variété spathique est celle qui s'en rapproche le plus; comme différences on peut noter un caractère oolithique beaucoup plus prononcé qui rend les oolithes, les Miliolles et les autres organismes déjà bien discernables à l'œil nu.

Dans un autre sens on note des ressemblances encore plus frappantes avec des roches particulières bien connues dans le Rhätikon et que Lorenz a dénommé «Tristelbreccien». D. Trümpy qui a remarquablement décrit celles du Falknis les désigne du nom de «calcaire de Tristel» plus compatible avec l'habitus qu'elles revêtent dans le SW du Rhätikon, qu'il a spécialement étudié. Lorsqu'on compare les échantillons provenant de ces régions avec les roches correspondantes de la Berra, on ne peut qu'être frappé des profondes analogies qui existent.

Les échantillons à inclusions dolomitiques sont ceux qui rappellent le mieux le «Tristelkalk» typique. Il faut toutefois noter que la partie basale du Tristelkalk est toujours plus foncée. L'abondante faune mentionnée par D. Trümpy (Crinoïdes, Bryozoaires, Spongiaires, Bivalves, Miliolles, Orbitolines) est sensiblement la même que dans les roches exotiques. Dans ces dernières, les Orbitolines sont d'assez grande taille, bien visibles généralement sans le secours du microscope, ce qui n'est pas le cas dans le calcaire de Tristel; par contre, celui-ci contient des Bélemnites (*B. subsiliiformis*, RASP.) que je n'ai pas observées dans mes échantillons.

Roches du Crétacé moyen.

Des grès glauconieux, des quartzites glauconieux et des roches du type des «Oelquarzite» ne sont pas rares parmi les blocs exotiques. Mais comme des roches assez semblables comptent parmi les éléments constitutifs du Wildflysch, la distinction entre les roches d'inclusion primaire et secondaire est assez difficile. A Sus Cressin, la très grande majorité des roches glauconieuses en blocs roulés sont là au même titre que le bloc de granite ou de Malm.

Si l'existence de roches exotiques du Mésocrétacé peut être considérée comme certaine, il n'en demeure pas moins qu'elle ne permet guère de rapprochements intéressants, car on connaît de telles roches glauconieuses dans les nappes helvétiques comme dans les nappes austro-alpines. De même une description détaillée n'a pas grand sens.

Les deux échantillons suivants sont un peu plus particuliers, en tous cas certainement mésocrétaciques.

Grès glauconieux. (Sus Cressin.) Les éléments détritiques sont constitués par du quartz, du calcaire dolomitique ocreux, des fragments de quartzites foncés. Le ciment est constitué par un calcaire spathique assez largement cristallisé et abondamment mêlé de glauconie. On reconnaît quelques débris de Crinoïdes. L'état de décomposition très avancée des échantillons que je possède ne m'a pas permis une étude microscopique.

La ressemblance de cette roche avec certains échantillons de grès zoogènes provenant du Tschingelkopf (Tschingelstein), dans la nappe du Falknis, est frappante.

Calcaire glauconieux. (Sus Cressin.) C'est une roche assez semblable à la précédente mais plus calcaire, et partiellement spathique. En plus des débris de Crinoïdes, elle contient d'assez nombreux petits Bivalves indéterminables. Sur un fragment on reconnaît une petite dent de poisson.

Roches du Crétacé supérieur.

Parmi les blocs exotiques il y a assez peu de roches qu'on puisse rapporter à cette période. Ceci provient de deux raisons, d'abord que pour découvrir ces roches d'habitus plutôt quelconque il faudrait multiplier les coupes minces, ensuite que les conditions de sédimentation qui ont régi le Wildflysch s'étant fait sentir dès le Crétacé supérieur, il est nombre de roches dont on ne peut dire si vraiment elles sont «exotiques» ou non. Il est toutefois certaines roches pour lesquelles le doute n'existe pour ainsi dire pas.

Calcaire glauconieux à Globigérines. C'est un calcaire gris clair, tout ponctué de grains de glauconie d'assez grandes dimensions. Macroscopiquement, la roche est plutôt banale et ne laisse rien soupçonner de l'intérêt de son étude microscopique.

Coupe mince. La roche est à texture assez fine. La glauconie, abondante, apparaît en gros grains de forme circulaire ou ovoïde. Des grains de quartz sont disséminés en assez grand nombre. Quant aux organismes microscopiques, ils sont extrêmement abondants et variés. Les plus communs appartiennent aux genres *Textilaria* et *Globigerina*. On y reconnaît: *Rosalina Linnei*, D'ORB., *Globigerina conglomata*, BRADY, etc., *Orbulinaria ovalis*.

Calcaires à Rosalines et à Globigérines. Ces roches sont extrêmement communes, par exemple à Sus Cressin, en blocs roulés. Elles ne sont toutefois pas discernables des calcaires en petits bancs largement interstratifiés dans le Wildflysch. Il est toutefois évident qu'une partie de ces blocs datent du Crétacé supérieur, car en plus de leur aspect en blocs bien individualisés, j'y ai trouvé quelques débris d'Inocérames.

En coupes minces, elles se révèlent toutes criblées de Foraminifères tels que ceux déjà mentionnés dans les calcaires zoogènes de même faciès du Wildflysch.

Quartzites sédimentaires. (Sus Cressin.) Il s'agit de petits fragments d'une roche dure, compacte, vert foncé, sorte de quartzite ponctué de points plus clairs, bleuâtres ou vert pâle.

Coupe mince. Le fond de la roche est constitué par de la silice sous forme de calcédoine finement radiée ou concrétionnée. Quelques noyaux de calcite ont persisté et se présentent sous deux aspects: ou en amas irréguliers répartis très irrégulièrement et allongés en traînées assez fines, ou sous forme de rhomboèdres de petites dimensions, mais à contours cristallins très nets; ces cristaux sont légèrement teintés en brun pâle par des composés ferrugineux. Ceux-ci apparaissent en outre assez abondamment sous forme de pyrite et d'hématite. Quant à la faune microscopique, la silicification accentuée de la roche a pour effet de l'oblitérer en partie. Les organismes les plus fréquents appartiennent au genre

Textularia; ces fossiles sont nettement reconnaissables là où un peu d'hématite imprègne le squelette et en souligne les contours. On distingue en outre des Rotalidés, des Lagena, des Globigérines et quelques autres organismes encore dont un diagnostic précis est difficile. Signalons enfin quelques spicules de Spongiaires.

Remarques sur les roches du Crétacé supérieur.

Les calcaires à Rosalines et à Globigérines ne permettent guère de rapprochements intéressants. Le calcaire glauconieux à Globigérines est plus particulier. Je ne sais pas qu'on connaisse quelque chose d'analogue dans les nappes des Préalpes. Par contre, il n'est pas sans ressemblances avec certains grès calcaires glauconieux de la base du «Seewerkalk», et, encore mieux, avec les «Überturriliten-schichten» de la région helvétique.

Quant aux quartzites sédimentaires, ils représentent vraisemblablement une modification accidentelle de roches calcaires zoogènes dont il est impossible de reconnaître avec certitude le type primitif.

Roches «incertae sedis».

Il me reste un certain nombre d'échantillons que je ne sais où ranger, bien qu'il s'agisse de roches d'habitus assez particulier. A Sus Cressin, j'ai recueilli un conglomérat à blocs de calcaire blanchâtre, compact, cimentés par un grès grossier. Sauf l'absence de granite rouge, cette roche est très semblable à la brèche nummulitique de la Téraillonnaz, dont il sera question plus loin.

Un autre bloc contient des fragments divers, calcaire du Malm, calcaires gréseux et siliceux, etc., le tout solidement uni par un ciment grésocalcaire.

Le mode de formation des brèches et des blocs exotiques.

Sans vouloir entrer dans le détail du mode de formation des brèches et des blocs exotiques, je crois nécessaire de rappeler brièvement les diverses solutions apportées à ce problème. On trouvera un excellent aperçu de cette question, telle qu'elle se présentait aux environs de 1910, dans la première partie de la grande monographie des Churfirsten-Mattstock de *Arn. Heim* (36). L'auteur distingue avec beaucoup de soin les nombreuses hypothèses émises, sans toutefois se prononcer délibérément sur cette question délicate. *D. Trümpy*, étudiant l'origine des brèches polygéniques jurassiques de la nappe du Falknis, a envisagé trois hypothèses (57, p. 136):

- 1° transport par les eaux,
- 2° transport par les glaces flottantes,
- 3° brèches de rivage.

On peut encore en citer une quatrième émise par *A. Jeannet* pour expliquer la présence sporadique de roches exotiques dans les couches rouges des Préalpes (61, p. 644):

- 4° transport par les bois flottants.

Pour ce qui est des blocs exotiques du Wildflysch, on peut écarter de suite l'hypothèse 2 émise il y a longtemps et reprise momentanément en 1907 par *Arn. Heim*, car une série de raisons s'y opposent (climat, répétition du phénomène à diverses périodes, etc.); il en est de même pour l'hypothèse 4 que son auteur n'a envisagée que pour expliquer la présence exceptionnelle de galets exotiques dans des formations très variées en dehors du Flysch.

L'hypothèse suivant laquelle les blocs amoncelés représenteraient des brèches de rivage a été avancée dès 1898 par *H. Schardt* dans son célèbre mémoire sur l'origine des Préalpes (22, p. 117, 205, 215, etc.) et maintenue dans d'autres travaux ultérieurs; la question des blocs exotiques y est traitée très à fond. Toutefois, *M. Schardt*, dans ces ouvrages, ne séparait pas les lames de charriage des blocs exotiques; en outre ces éboulements, il les envisageait comme provenant du front de la nappe des Préalpes médianes (loc. cit. p. 215). Cette même opinion est partagée par *P. Beck* dans son travail de 1912 (42), et par d'autres géologues encore.

Dès 1907, cependant (29) et plus expressément dans des travaux ultérieurs (36, p. 86), *Arn. Heim* montrait que le phénomène des blocs exotiques était une affaire purement stratigraphique qu'il fallait éviter de confondre avec les lames dont l'origine tectonique est incontestable. Cette même interprétation des blocs exotiques se retrouve dans la communication de 1916 de *M. Lugeon* (56) qui précise en plus la signification stratigraphique des calcaires zoogènes disséminés dans le Wildflysch. Et tout ce problème complexe du Wildflysch, déjà traité avec beaucoup de soins par *J. Boussac*, est brièvement mais nettement posé dans une notice de *E. Gagnebin* (60).

Avec ces travaux, on touche certainement à la vraie solution et si peut-être tous les faits n'ont pas encore reçu une explication entièrement concluante, il n'en demeure pas moins que le problème semble en majeure partie résolu. Il importe ici de ne pas se laisser détourner du vrai sens de la question par le phénomène des blocs exotiques qui n'est, comme je l'ai montré précédemment, qu'un cas particulier du phénomène bien plus général de la formation des conglomérats et des brèches, phénomène lié au voisinage d'un rivage. Les gros fragments anguleux qui s'observent dans les brèches ou isolément en blocs exotiques dans les schistes, ne peuvent provenir que de la destruction de côtes abruptes. On peut concevoir également que ces blocs, glissant sur un fond vaseux, n'aient pas tardé à s'empaqueter, produisant dans la masse molle qui les recevait des tassements considérables un peu dans le genre des glissements sous-lacustres décrits par *Arn. Heim*.

Et cependant, tout en accordant une part considérable à des éboulements successifs, la première hypothèse qui envisage un transport par les eaux ne peut pas être exclue : il est même probable que c'est à elle qu'il faut recourir le plus souvent. Ici comme dans bien d'autres cas une seule explication ne suffit pas, il y faut des nuances et il est indispensable de considérer les divers gisements de brèches et de blocs exotiques en tenant compte de leurs caractères et de leurs conditions particulières. A Kloster, où l'on a de gros blocs peu roulés et constitués presque exclusivement par du granite, l'explication par un éboulement paraît la plus satisfaisante. Mais prenons maintenant Sus Cressin. Les blocs y sont de volume plus restreint, une partie, notamment ceux de nature sédimentaire, sont parfaitement roulés. Ensuite, et c'est là une différence capitale, on ne distingue pas moins de 60 à 80 variétés de roches tant cristallines que sédimentaires ; même on a vu qu'on peut, en utilisant ce seul gisement, établir une succession stratigraphique étonnamment riche. Une telle variété ne se concevrait pas dans le cas tout simple d'une destruction de falaises. Il est très évident qu'ici intervient le transport par les eaux.

Le lieu d'origine des blocs exotiques.

Toutes les études sur les blocs et les roches exotiques en général n'ont en fin de compte qu'un but : savoir d'où proviennent ces roches, retrouver le massif qui, dans les Alpes, a fourni au Flysch ces matériaux de nature et de dimensions si variées. C'est un très vieux problème, soulevé dès 1829 par *B. Studer*. Depuis lors, quantité de géologues s'en sont préoccupés sans que, toutefois, une solution définitive soit née de ce concours de recherches. Pour bien saisir ce problème très complexe, on est obligé de l'élargir un peu ; je ne le ferai que dans le cadre, malgré tout restreint, que ce travail doit comporter.

Les roches exotiques en dehors du Flysch. On sait que des roches exotiques se sont déposées ailleurs que dans le Flysch. On les observe dans des terrains d'âge divers, disséminées de façon sporadique le plus souvent. Bien que ces roches puissent être de nature variée, on remarque que les porphyres et les granites rouges et verts sont de beaucoup les éléments les plus constants. Il serait intéressant de savoir jusqu'à quel point ces porphyres et les autres roches cristallines correspondent aux roches homologues de la Berra. Il faut avouer de suite qu'à moins d'avoir de nombreux échantillons sous les yeux, ou de disposer de descriptions pétrographiques très précises, il est périlleux d'affirmer des identités entre les uns et les autres. Si donc, du pur point de vue pétrographique, je ne puis pas présenter de résultats catégoriques, l'examen rapide des principaux gisements de roches exotiques en dehors du Flysch montre l'une ou l'autre relation d'une certaine importance.

Dans les Préalpes externes, *V. Gilliéron* a fait mention de petits blocs de granite rouge dans les couches du Bathonien de la Perreyre, près de Bulle (10, p. 206) ; *Arn. Heim* les a également mentionnés (69, p. 438). Personnellement, j'ai trouvé quelques petits cailloux granitiques dans le Bathonien

du Hohberg, au-dessus du Lac Noir; malheureusement, ces roches sont trop fortement altérées pour permettre un rapprochement bien certain. Enfin je signalerai un petit galet de porphyre rouge trouvé dans un calcaire de la klippe principale du Gros Plané (NW du Moléson) (90, p. 273).

Dans les Préalpes médianes, on a signalé des cailloux exotiques à différents étages. *Smit Sibinga* mentionne des fragments de granite porphyroïde et des porphyres quartzifères dans le Dogger des Mythen (Rämsibrecce); *C. Christ*, dans le Dogger du Stanserhorn (Steinbergkonglomerat); *P. Gerber* en a trouvé dans la région du Ganterist; *H. Huber*, au Nüschelsspass (région du Kaiseregg). Suivant *R. Staub*, il s'agirait dans tous ces cas de roches d'origine austro-alpine (granite du Julier, porphyre de la Diavolezza et de Nair, etc.) (58, p. 960). *M. Lugeon* et *A. Jeannet* ont trouvé des blocs de granite et de porphyre dans les Couches rouges des Tours d'Ai; ces roches, que j'ai vues au Musée géologique de l'Université de Lausanne, diffèrent sensiblement des roches exotiques de la Berra.

Dans la nappe du Falknis, les éléments exotiques constituent des assises bréchoïdes puissantes, réparties entre le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur. L'excellente description qu'en a donnée *D. Trümpy* permet de s'en faire une idée parfaite (57). La plupart des porphyres, des diorites et des granites sont attribués par l'auteur aux nappes austro-alpines.

Dans son récent travail sur les blocs exotiques de l'Allgäu, *P. Cornelius* (85) donne une description complète des nombreux éléments qui constituent les conglomérats interstratifiés dans une formation à faciès Flysch, d'âge crétacé inférieur et assez commune dans l'Allgäu occidental. Sans préjuger encore la question, on ne peut qu'être frappé de l'extrême ressemblance des roches décrites par *Cornelius* avec celles de la Berra.

De cet examen rapide, deux faits se dégagent toutefois; c'est d'abord que les régions dans lesquelles on observe ces roches exotiques appartiennent sans exception aux Préalpes supérieures ou inférieures, ensuite c'est que les auteurs ont tous tendance à rapporter ces roches aux nappes austro-alpines.

Valeur des caractères pétrographiques. Dans tout ce qui précède, on voit que les analogies que les géologues ont cru reconnaître entre les roches exotiques et celles d'unités tectoniques alpines, sont surtout d'ordre pétrographique. Ce point de vue est prépondérant dans le travail de *Sarasin* comme dans les plus récents de *D. Trümpy*, de *R. Staub*, de *Cornelius*, etc. D'ailleurs, ce critérium est utilisé sur une échelle infiniment plus grande lorsqu'il s'agit de paralléliser à grandes distances des unités tectoniques, telles que des nappes. Certains géologues se sont efforcés de réduire et de négliger presque ces caractères qui leur paraissent de peu de valeur quant aux rapprochements qu'ils peuvent suggérer. C'est le cas de *E. Haug* qui, dans son récent travail¹⁾, tend à considérer comme insignifiants ou même nuls les arguments pétrographiques. Je crois qu'il ne faudrait pas aller trop loin dans ce sens et, sans vouloir contester la prépondérance des arguments stratigraphiques sur les arguments purement pétrographiques, ne pas si complètement négliger ces derniers.

Les roches cristallines de la Berra. Parmi les granites rouges, les plus particuliers que j'ai trouvés, des granites rouges porphyroïdes à sphène ont les plus grandes analogies avec les granites du Canavese. Parmi les autres, les granites verts sont d'un grand intérêt; ils sont si semblables aux granites de même teinte caractéristiques de la nappe d'Err qu'on ne peut guère situer ailleurs leur gisement primitif. *E. Haug*, il est vrai, s'est efforcé de contester ce caractère pétrographique en s'appuyant sur *P. Niggli* et *R. Staub* lui-même (loc. cit., p. 156—157 et p. 199). Malgré cela, j'estime que c'est un argument qui, sans être décisif, ne peut être négligé. Quant aux roches porphyriques, si certaines d'entre elles rappellent, par leur texture primitive, des types de la zone insubrienne, d'autres, notamment celles qui furent modifiées par le dynamométamorphisme, ont des équivalents à peu près semblables dans les nappes austro-alpines inférieures.

Aussi sans vouloir apporter une réponse définitive que d'ailleurs ne permet pas cet examen critique des roches cristallines de la seule région de la Berra, j'incline à placer, au moins pour une part importante, le lieu d'origine du matériel exotique dans le domaine austro-alpin qui formait la marge méridionale du grand géosynclinal pennique.

Considérons encore certaines conclusions déduites de l'inventaire des roches sédimentaires.

¹⁾ *E. Haug*. Contrib. à une synthèse stratigr. des Alpes occidentales, p. 199.

Les roches sédimentaires exotiques de la Berra. L'absence totale ou presque de roches sédimentaires caractéristiques de certaines unités alpines permet d'emblée quelques éliminations. Le Trias austro-alpin est inexistant, les radiolarites sont très rares. En outre, à part des roches problématiques du Malm et du Crétacé inférieur, il n'y a rien qui rappelle spécifiquement les Préalpes médianes. Si l'on considère d'autre part les roches caractéristiques de la région helvétique, on s'aperçoit qu'elles manquent pareillement, à l'exception d'une seule, le calcaire urgonien. Mais précisément ce calcaire urgonien a un faciès très spécial, plutôt détritique — on ne peut souvent plus parler de calcaire, mais de grès ou de brèche — dont l'équivalent le plus proche se trouve, non pas dans le domaine helvétique, mais dans la nappe du Falknis, cette unité austro-alpine inférieure qui, de l'autre côté du géosynclinal pennique, faisait face originellement aux régions helvétiques. D'autres ressemblances fréquentes rapprochent certaines roches exotiques des Préalpes inférieures à faciès ultrahelvétique; cependant elles sont moins nettes et peuvent s'expliquer par une similitude de position de l'autre côté du grand géosynclinal.

Ainsi donc, les résultats d'ordre stratigraphique concordent, dans leurs grands traits, avec les résultats acquis par l'étude pétrographique des roches éruptives. Ils s'accordent à fixer avec une grande probabilité le lieu d'origine des roches exotiques à la marge des nappes austro-alpines inférieures.

B. Lames tectoniques.

I. Généralités.

A côté des inclusions purement sédimentaires du Wildflysch dont le dépôt est donc contemporain de la formation de ce terrain, nous avons vu que d'autres roches ont été incorporées au Wildflysch à la suite de phénomènes orogéniques. Ce sont de telles roches qui constituent les lames tectoniques ou de charriage. Elles correspondent généralement à ce que les anciens géologues appelaient les klippes.

Il a déjà été question incidemment de certaines de ces lames lors de la description des affleurements de blocs exotiques. J'ai à ce propos fait remarquer la difficulté qu'il y a souvent à départir ce qui est inclusion stratigraphique et ce qui est inclusion tectonique. Les lames ont toutefois un certain nombre de particularités qui les différencient des blocs exotiques. Il faut signaler en premier lieu les dimensions considérables qu'elles peuvent atteindre; elle s'allongent généralement sur quelques dizaines de mètres et certaines atteignent plusieurs centaines de mètres; elles sont par contre assez étroites. Les roches qui les constituent sont fréquemment écrasées et accusent d'évidents phénomènes de laminage.

Leur répartition coïncide avec les 3 zones de Wildflysch précédemment décrites. Nous aurons donc successivement à étudier:

- 1° lames de la région des Paquiers,
- 2° lames du Burgerwald et de Kloster,
- 3° lames de la zone méridionale Echelettes-Hohberg.

II. Description régionale.

1° Lames des Paquiers.

Lame de Malm de la Chablex.

Cette lame, la première visible dans les limites de mon territoire, se trouve au SW de la Chablex. Gilliéron a envisagé le calcaire qui la constitue comme du Malm. En 1920, Arn. Heim croit y reconnaître du «Seewerkalk». O. Büchi par contre partage l'interprétation de Gilliéron. Le détail des affleurements donné par Gilliéron (6, p. 133—134) montre combien l'étude de cette lame est limitée.

Le calcaire principal est clair, compact, à cassure conchoïde, traversé de nombreuses veinules de calcite. La roche n'est pas partout uniforme; vers le chalet de la Chablex, on observe parmi les débris quelques blocs de calcaire grumeleux. En assemblant un certain nombre d'échantillons, on peut suivre les passages successifs du calcaire compact au calcaire entièrement grumeleux.

J'y ai trouvé comme fossiles: *Aptychus punctatus*, GÜMBEL, *Aptychus sparsilamellosus*, VOLTZ, et deux *Bélemnites*. Cette maigre faune suffit cependant pour situer ce calcaire dans le Malm, et non dans le Turonien qu'il rappelle à première vue à cause de sa teinte blanchâtre.

Lame supérieure de la Téraillonnaz.

400 m. à l'E de la Téraillonnaz, dans un ressaut boisé dominant un pâturage marécageux, apparaît une lame assez puissante. On y distingue 2 parties, l'une au S, l'autre au N du ruisseau qui coule près du chalet 1259.

Le calcaire est le même que le calcaire principal de la lame de la Chablex, donc du Malm. J'y ai recueilli plusieurs *Aptychus*. Par endroits, il se charge de rognons siliceux. La variété grumeleuse s'observe également. En suivant un petit sentier non marqué sur la carte qui coupe la lame à son extrémité méridionale, on aperçoit d'abord des bancs discontinus mais assez puissants de Malm. Plus haut, ces bancs se réduisent et n'ont guère plus de 2 à 10 cm. d'épaisseur; ils contiennent également des *Aptychus*. Tout au N de la lame, on retrouve sous le Malm la brèche cristalline du Flysch, puissante de 5 à 10 m.; elle est semblable à certaines parties détritiques du complexe nummulitique de la Chablex et contrairement à ce qu'ont signalé *Gilliéron* et *O. Büchi* (178, p. 61), elle contient également des Nummulites et des *Orthophragmines*, il est vrai en moins grande abondance.

Lame inférieure de la Téraillonnaz.

En dessous du pâturage dominé par la lame supérieure s'étend une nouvelle lame de moindres proportions. Il est possible qu'elle ne soit pas en place, représentant une partie de la lame supérieure amenée dans sa position actuelle à la suite d'un glissement de terrain. Il n'y a guère de nouvelles roches à signaler, mais moins gêné par la végétation que plus haut, on distingue plus aisément différents passages. Du côté du pâturage marécageux, la roche est bien à découvert là où le ruisseau 1259 coupe la lame. Le calcaire compact à *Aptychus* est en petits bancs de 3 à 10 cm. Un examen attentif révèle que la roche n'est pas partout homogène. Du calcaire spathique se faufile en minces traînées parallèles au milieu du calcaire compact, puis devient suffisamment abondant pour former le fond de la roche. En même temps il se charge d'une quantité d'*Aptychus* plus ou moins bien conservés; c'est, par endroits, une véritable lumachelle à *Aptychus*. Enfin, brusquement, cette lumachelle passe à une sorte de quartzite bariolé, roche très dure, claire, ponctuée comme une mosaïque de points rouges, jaunes, bruns. Ces roches doivent également se trouver dans la lame supérieure, car dans ses abords j'ai noté d'assez fréquents débris de cette sorte.

Coupes minces. Le calcaire compact révèle une structure assez particulière. Le tissu de la roche est encore fait d'un calcaire fin identique au calcaire compact; on y observe en très grande quantité et d'une façon remarquablement nette des *Calpionella alpina*, LORENZ, ainsi que des radiolaires calcifiés. Il s'y ajoute en plus en grande abondance des débris de Crinoïdes, bien reconnaissables à leurs ponctuations régulières, puis accessoirement des fragments de Bivalves et des parties très évidentes d'*Aptychus*. Il faut enfin citer la présence d'éléments détritiques représentés par des grains de quartz agglutinés.

La lumachelle à *Aptychus* est absolument pétrie de ces organismes qui se détachent sur un fond calcaire semi-cristallin, semi-compact.

Le quartzite bariolé apparaît sous forme d'aggrégats de calcédoine noyés dans une base siliceuse très fine. Il s'y ajoute un peu de calcite ainsi que des cristaux jaune-brun en forme de losange; il s'agit de sidérose.

Lame de la Rescherne.

Elle a déjà été parfaitement bien décrite par *Gilliéron* (6, p. 139). Elle émerge au SSW de la Rescherne, au-dessus des ravins qui avoisinent le chalet. C'est la dernière klippe importante de la zone des Paquiers. Mesurant 20 m. de long et 5 à 7 m. de haut, elle forme une petite muraille à la limite de la forêt du Saut et du pâturage marécageux qui borde la paroi boisée de Paquier-dessus. Des blocs volumineux gisent dans le ravin situé en dessous d'elle.

Contrairement aux autres lames précédemment décrites dont la texture des roches constitutives n'accuse aucun caractère cataclastique quelconque, cette lame de la Rescherne apparaît au milieu d'un Wildflysch tourmenté et les roches qui la constituent sont affectées d'évidents phénomènes d'écrasement. C'est également du Malm avec de rares *Aptychus*, mais il est sensiblement différent de celui

de la Téraillonnaz. De teinte beaucoup plus foncée, il rappelle davantage le Jurassique supérieur du Montsalvens. La structure bréchoïde est assez générale et les fragments comme de gros nodules sont moulés par de l'argile verdâtre. Certaines parties sont même schisteuses.

Je cite ici quelques lentilles de Malm que j'ai observées dans le Wildflysch du R. des Roches et qui prouvent que sous la masse gréseuse du Cousimbart le Wildflysch réduit continue à être jalonné de lames de charriage.

2° Lames du Burgerwald et de Kloster.

Lame de gypse du Burgerwald.

Elle est située au haut de la forêt du Burgerwald, au lieu dit Gipsfluh, immédiatement au-dessous de l'escarpement de Muschenegg. Cet affleurement de gypse, bien qu'assez restreint, a eu jadis une certaine importance pour la région : une carrière s'y installa dès 1405 et l'on attaqua la roche à diverses places.

En 1865, *Gilliéron* a relevé la coupe suivante, de bas en haut (10, p. 195):

Gypse en feuillets plus ou moins contournés, mais plongeant dans l'ensemble comme le Flysch, environ	15 m.
Marnes grenues, schisteuses, noir-verdâtre	1,5 m.
Grès rouge et verdâtre	0,5 m.
Gypse	0,5 m.

Le plongement est de 25° SSE.

Déjà à cette époque l'affleurement était entièrement entouré de débris, de sorte que le contact avec les terrains encaissants n'était plus visible. Toutefois, d'après *B. Studer* qui a visité la carrière longtemps avant *Gilliéron*, le gypse était directement recouvert par le Grès du Gurnigel (3, p. 388). Les éboulis, de plus en plus, vont cacher le peu qui reste. En 1906, lors d'une étude spéciale de l'affleurement, *R. de Girard* ne retrouva le gypse alternant avec les marnes que sur une longueur de 10 pas et sur une hauteur de 1 à 2 m. Personnellement, je n'ai pu retrouver ce vague affleurement; tout semble enseveli sous les débris ou envahi par la végétation. Des fragments épars s'observent par contre aux abords de cet ancien affleurement et permettent de le situer approximativement.

La conséquence de cet état de chose est qu'on ne peut que se reporter à ce qui a été vu et dit autrefois. Par bonheur, le gypse du Burgerwald est pourvu d'une littérature abondante; elle ne se rapporte, il est vrai, qu'indirectement au gypse lui-même, concernant plutôt les émanations de gaz qui se sont produites à maintes reprises au Burgerwald, en particulier durant les années 1835, 1840, et 1841. Ces dégagements ont à leur époque vivement attiré la curiosité du public et l'attention des savants. De nombreux géologues, tels que *B. Studer*, *Charpentier*, *de Fellenberg* et d'autres encore, s'en sont occupés. En 1913, *R. de Girard* et *R. de Buman* ont repris le problème de ces émanations de gaz et publié leurs résultats avec tout le détail nécessaire dans les *Gîtes d'hydrocarbures de la Suisse occidentale* (50), de sorte que je n'ai pas à revenir sur cette question.

Le même travail contient une longue discussion sur l'âge de ce gypse; sans se prononcer définitivement, les auteurs penchent pour un âge éocène. Cette solution est nettement exprimée en 1911 par *H. Dillenius* (40). Mais comme le prouvent des affleurements analogues dans la continuation de cette même zone vers le Gurnigel, au Fettbad et au Seeligraben, et comme l'a déjà affirmé *H. Schardt*, il y a longtemps (50, p. 78), l'âge triasique de ce gypse paraît incontestable. Je n'insiste pas sur les arguments développés par *Dillenius* (loc. cit., p. 30), cet auteur ne paraissant pas très au clair sur les relations tectoniques des Préalpes.

Le gypse du Burgerwald représente vraisemblablement une écaille arrachée de la zone triasique de Bex ou de quelque part de la région radicale des nappes ultrahelvétiques ¹⁾.

¹⁾ A titre de curiosité on peut faire remarquer que cette hypothèse a été mentionnée il y a fort longtemps. *Gilliéron*, dans l'historique du vol. 18 des «*Matériaux*», transcrit un passage pris dans une notice due à *Sam. Studer*: *Beschreibung des Gurnigel-Bades* (1820). «Le Gurnigel est une montagne de débris composée surtout d'une espèce de grès, qui recouvre un noyau de gypse où les sources prennent leur origine. Est-ce trop se hasarder que de présumer que ce gypse s'étend par dessous les montagnes jusqu'à Bex et au delà dans la vallée du Rhône.» (10, p. 22.)

J'ai trouvé 2 petits blocs de gypse au S de Plasselb, là où la Gérine débouche du Flysch. Il est difficile de savoir si ces débris proviennent d'un affleurement enseveli actuellement en profondeur ou si ce sont des blocs erratiques abandonnés là par le glacier et provenant de la Gipsfluh. La première supposition me paraît cependant plus plausible.

Gypse de la Lenzburgera? Suivant *R. de Girard*, le gypse réapparaîtrait à l'intérieur de la chaîne de la Berra, dans le Plasselbschlund, en dessous de la Lenzburgera (50, p. 73). On aurait à cet endroit, d'après ce géologue, le prolongement du gypse du Burgerwald. Je n'ai rien trouvé concernant l'existence du gypse à cet endroit. La présence de ce terrain dans les ravins encombrés de débris est tout à fait problématique.

Calcaire dolomitique de Grosschwand.

Près de Grosschwand (1047 m.), à l'E du monticule 1010, dans un affleurement assez limité de Wildflysch, on observe quelques bancs fragmentés, de 10 à 30 cm. de puissance, d'un calcaire partiellement dolomitique. Il n'est pas douteux qu'il ne s'agisse d'une inclusion tectonique, mais des glissements successifs empêchent de reconnaître les relations primitives avec les schistes du Wildflysch. La roche, de teinte gris-bleuâtre à l'intérieur, jaune poudreux à la surface, se casse en multiples morceaux anguleux lorsqu'on la frappe au marteau. Son aspect corrodé et spongieux dû à sa richesse en dolomie est tout à fait caractéristique et permet de rapporter cette roche au Trias dans lequel des roches semblables sont assez communes.

Lames de Kloster.

Dans la description régionale du Wildflysch, j'ai signalé brièvement près de Im Kloster (S de Planfayon) des schistes argileux empaquetant des lames de charriage. Il s'agit ici de préciser la position et la nature de ces intercalations tectoniques. Ces lames sont au nombre de deux. Leur existence a facilement pu passer inaperçue; elles émergent vaguement le long des berges de petits ruisseaux et des débris abondants empêchent de voir une succession continue, ne laissant à l'observation que des affleurements extrêmement limités.

Lame occidentale. Elle est située sur la rive droite du ruisseau qui, sur la carte topographique, coupe le l de Im Kloster. Un sentier indiqué sur la carte longe ce ruisseau le long de la rive gauche pour rejoindre le chemin forestier qui monte de Schrapflisbühl. La lame se termine en dessous du petit pont qui traverse le ruisseau à la jonction des deux chemins. On remarque à cet endroit un ravin de quelques mètres de hauteur où affleurent des schistes et des petits bancs de calcaire à Globigérines. Puis, plus bas, un second ravin, haut de 12 à 15 m., avec les mêmes calcaires. Ensuite, le long du ruisseau, on aperçoit quelques bancs de calcaire compact malheureusement fort ensevelis sous les débris. On reconnaît aisément en ces roches du calcaire du Malm; d'ailleurs, un des bancs est chargé de gros rognons siliceux. Deux mètres en aval du dernier banc de Malm, un banc de 3 m. d'épaisseur forme une légère saillie; c'est une assise de calcaire à Nummulites et à Orthophragmines.

Il n'est malheureusement pas possible de préciser les relations exactes entre ces diverses roches; les bancs ne sont plus directement en place, ils paraissent avoir glissé vers le ruisseau.

La roche la plus curieuse est certes le calcaire à Lithothamnies. Il revêt généralement un caractère gréseux dû à l'abondance des grains de quartz semés dans son tissu et qui font saillie à la surface corrodée. On distingue à l'œil nu des Nummulites et des Orthophragmines, toutes de très petite taille. Ce calcaire perd cependant par places son habitus gréseux et même complètement; il devient absolument compact et rappelle à s'y méprendre le calcaire du Malm; sa teinte seule demeure plus sombre, brun foncé.

Sous le microscope, les éléments détritiques sont représentés par du quartz, du feldspath, et des fragments de calcaire. Le quartz forme des grains généralement anguleux, à extinction franche; quelques-uns toutefois sont partiellement roulés et ont l'extinction onduleuse. Les feldspaths présentent des altérations très prononcées. Les fragments détritiques de calcaire appartiennent tous au Malm, car on reconnaît aisément la *Calpionella alpina*, LORENZ. Parmi les organismes, à côté des *Lithothamnies* qui constituent le fond de la roche, les *Orthophragmines* sont les plus abondants. On reconnaît également

quelques *Nummulites*, puis accessoirement des *Bryozoaires*, des *Milioles* (*Quinquelocula*), des *Discorbina*, etc. Le ciment comporte de la calcite largement cristallisée que parsèment quelques grains de glauconie.

Ce calcaire à Lithothamnies est profondément différent des autres roches nummulitiques du Wildflysch. Son analogie va par contre au calcaire à Lithothamnies, d'âge priabonien, de la région helvétique. C'est ce qui m'a conduit dans ma note préliminaire à considérer cette roche gisant à côté du Malm comme une inclusion tectonique.

Je suis à me demander aujourd'hui s'il en est vraiment ainsi. Je pense à ce propos à une grosse lentille de calcaire à Lithothamnies que j'ai observée dans le Wildflysch du Fallenbach en compagnie d'un calcaire siliceux verdâtre, très compact, et de schistes siliceux. A cet endroit il ne me paraît pas exister d'inclusions tectoniques et le calcaire à Lithothamnies a toutes les chances d'appartenir en tant qu'élément constitutif au Wildflysch; il est vrai qu'il est un peu différent de celui de Kloster, mais c'est là plutôt un détail. Dès lors, ce qui vaut pour un endroit risque fort de valoir pour l'autre.

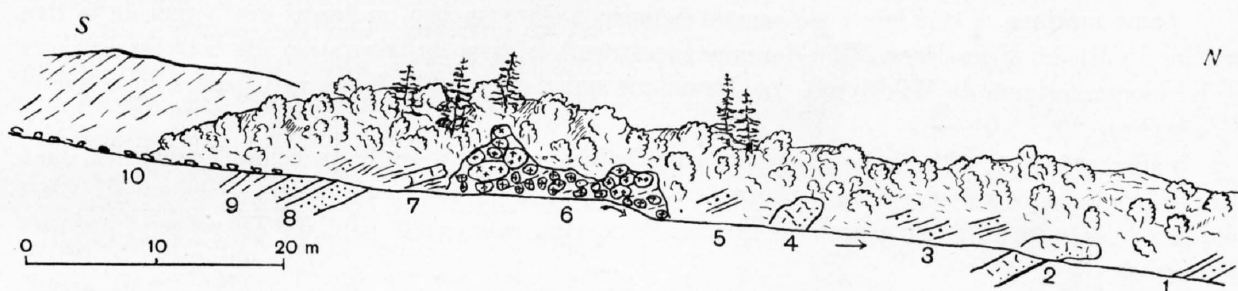


Fig. 4. Le Wildflysch et la lame orientale d'Im Kloster.

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 10° Grès et schistes du Flysch. | 6° Brèche granitique. |
| 2° Banc de Malm. | 7° Malm. |
| 3° Schistes et petits bancs de grès. | 8° Bancs de grès fin du Flysch. |
| 4° Malm. | 9° Schistes et grès. |
| 5° Schistes et grès. | 10° Débris. |

Lame orientale. La seconde lame apparaît dans le ruisseau qui coule à l'E du précédent, au N du P. 1019 exactement. Elle est nettement distincte de la lame occidentale: son altitude est inférieure et sa succession sensiblement différente. Elle débute approximativement à la courbe de niveau 930, donc à l'entrée de la forêt. En remontant le ruisseau, on aperçoit d'abord le Wildflysch: des bancs de grès associés à des schistes marneux gris-noir et des schistes gréseux à Fucoïdes. A une vingtaine de mètres de là, la lame débute par un banc en travers du ruisseau; c'est du Malm qui émerge ainsi quelque peu des débris. Quelques schistes sombres affleurent difficilement dans les berges jusqu'à un second banc de Malm, de 2,5 m. de puissance, qui a glissé jusqu'au torrent. Enfin quelques mètres plus loin, une puissante brèche granitique s'étend sur 18 m. de longueur et 4 à 6 m. de hauteur. Des granites rouges et verts, quelquefois entièrement verts, en sont les uniques constituants. Les bancs, de 1 à 4 m. d'épaisseur, sont faits de blocs de 20 à 30 cm. de diamètre, unis par un vague ciment gréseux. Une assise plus puissante renferme des blocs de 2 à 3 m³. Au-dessus de ces roches, on aperçoit quelques blocs de calcaire du Malm; il est bien difficile de savoir s'il s'agit de débris ou de menus lambeaux superposés à la brèche. Cette dernière interprétation me paraît toutefois plus certaine, car approximativement 2 m. en amont de la brèche on retrouve 2 petits affleurements de Malm.

Au delà le Wildflysch affleure sous forme de bancs de grès siliceux très fins tandis que sur la berge droite les assises gréseuses du Grès du Gurnigel commencent à apparaître.

Je reviens maintenant au calcaire du Malm. C'est une roche compacte, brun clair, et dont l'habitus général est bien celui du Jurassique supérieur. La trouvaille de 2 *Aptychus* confirme d'ailleurs cette détermination; en coupe mince également, on reconnaît la *Calpionella alpina*, LORENZ. Mais verticalement, le calcaire compact passe soit au calcaire gréseux, soit directement au grès. Le passage au calcaire gréseux se fait graduellement. Plus curieux est le passage au grès qui se fait brusquement, suivant une ligne irrégulière. Ce grès, ainsi subordonné au calcaire, est très dur et rappelle certains grès du

Flysch. Je ne crois pas cependant qu'il faille le séparer du Malm, car les 2 roches s'interpénètrent, des parties de calcaire compact traînant encore dans le grès.

3° Lames des Echelettes.

J'ai déjà signalé le caractère tout spécial de cette région (voir p. 13). Les inclusions tectoniques, uniquement du Malm ici, qui primitivement formaient vraisemblablement une masse continue d'une certaine importance, ont été dans la suite, par l'effet de violentes dislocations, segmentées en petites lames très limitées. Deux d'entre elles ont déjà été mentionnées en 1884 par *V. Gilliéron* qui en donne une bonne description et la coupe détaillée de l'une d'elles (10, Pl. V, fig. 3).

Lame supérieure. Elle est située à l'E de la ferme 1179; le sentier qui va de cette maison au chalet 1072 la coupe à son extrémité méridionale. Le Malm y forme un rocher de 15 à 20 m. de hauteur là où il est le mieux développé. Il contient de nombreux *Aptychus*, des *Bélemnites* et des empreintes d'Ammonites. Vers le N il ne forme plus que quelques lentilles pincées dans les schistes noirs du Wildflysch.

Lame médiane. Cette lame, pas encore signalée, s'élève un peu au-dessus des berges de la rive gauche du R. des Féguelènes. Elle domine directement la zone de trituration des schistes argileux et des blocs exotiques du Wildflysch. Le Jurassique supérieur y est en bancs peu épais, tout couverts d'*Aptychus*.

Lame inférieure. Elle forme une petite paroi boisée sur la rive droite du R. des Féguelènes, dans l'angle formé par ce ruisseau avec le Javroz. Elle mesure une centaine de mètres de longueur. C'est toujours du calcaire du Malm, généralement grumeleux, avec, comme plus haut, des *Aptychus* et quelques *Bélemnites*.

Il est difficile de situer dans des étages précis du Jurassique supérieur ces calcaires du Malm. Les *Aptychus* qu'on y observe (*A. punctatus*, VOLTZ, *A. sparsillamellosus*, GÜMB., etc.) ne caractérisent aucun de ces étages d'une manière spéciale et les autres fossiles ne sont pas déterminables spécifiquement. Les calcaires rappellent souvent ceux du Kimméridgien et du Portlandien des Préalpes externes. Mais le plus fréquemment, ces calcaires ont leur structure tout à fait modifiée à la suite de phénomènes d'écrasement. Dans la lame supérieure, le calcaire compact a été par places si intensément trituré qu'il apparaît aujourd'hui sous forme d'une véritable brèche de dislocation.

Suivant *Büchi*, ces lames de Malm appartiendraient aux Préalpes médianes (78, p. 76). En soi, le fait n'a rien d'impossible, car on connaît un cas semblable au Gros Plané (NW du Moléson) où *E. Gagnebin* a montré que des lames des Préalpes médianes avoisinent et même accompagnent des lambeaux originaires des Préalpes externes (81, p. 61). Toutefois, *Büchi* base son interprétation non sur l'habitus des calcaires du Malm, mais sur la présence de calcaires marneux identiques selon lui au Néocomien des Préalpes médianes et qui sont superposés au Malm de la lame supérieure. En effet, sur le versant gazonné qui descend vers la maison 1251, le Malm est surmonté d'un calcaire marneux, partiellement schisteux, que *Gilliéron* rapprochait de certains calcaires du Crétacé inférieur du Montsalvens (10, p. 154).

Je considère ce calcaire comme n'étant rien d'autre que du calcaire du Wildflysch. Il ne rappelle nullement le Néocomien des Préalpes médianes, ni par l'aspect, ni par sa nature. En coupes minces, sa texture est tout autre. C'est un calcaire légèrement gréseux, à petits grains de quartz, accompagné d'organismes divers, notamment des *Lagena*. Il correspond au calcaire bleu du Wildflysch décrit précédemment. Au SW de la lame principale on le retrouve, constituant une série de petits monticules et c'est là qu'on peut le voir passer graduellement au grès et à la brèche.

Pour en revenir au Malm, il me semble n'y avoir aucune raison de rattacher ce calcaire aux Préalpes médianes.

4° Lames du Hohberg.

C'est dans la deuxième partie du volume XII des Matériaux (6) qui traite spécialement du massif du Montsalvens qu'on trouve également la description des «klippes» du Hohberg, situées au NE du Lac Noir. On sait avec quelle maîtrise *Gilliéron* a décrit la région du Montsalvens; c'est avec la même

minutie que la zone du Hohberg a été étudiée par lui et si des études ultérieures peuvent apporter certains faits et quelques interprétations nouvelles, il faut le reconnaître, l'essentiel, *Gillieron* l'avait déjà découvert.

Les rapprochements qu'on peut faire entre les terrains du Montsalvens et ceux du Hohberg nous retiendront bientôt; voici d'abord la description des lames de Dogger, de Malm et de Néocomien qu'on y observe.

Lames de Dogger.

En surface, elles sont beaucoup plus importantes que celles de Malm supérieur ou de Néocomien, mais constituées essentiellement par des calcaires gréseux et marneux entremêlés de schistes marneux, elles n'apparaissent que peu au jour. Les affleurements sont rares, très limités et séparés les uns des autres par tant de débris et de végétation qu'il n'est guère possible de reconnaître leurs relations mutuelles.

Le Dogger s'étend de l'E de Langmoos jusque près du col du Hohberg. Le meilleur affleurement se trouve au S du chalet 1419: si à partir du sentier on remonte le ruisseau qui coule au S de ce chalet, on aperçoit une série de bancs de calcaire gréseux et marneux auxquels fait suite un complexe fortement redressé de marnes foncées. La majeure partie des bancs est faite d'un calcaire sableux, plus ou moins marneux et toujours assez fortement micacé; c'est une roche friable, extérieurement de teinte bleuâtre ou ocreuse, avec d'abondants Zoophycos à la surface. Au milieu de ces calcaires, on observe un banc de calcaire glauconieux avec des parties gréseuses ou même conglomératiques. Quelques fragments de schistes chloriteux atteignent 3 à 4 cm. J'y ai trouvé également un fragment de granite, puis des débris nombreux de calcaire et de dolomie. Enfin de nombreuses Bélemnites généralement brisées sont disséminées dans cette roche. Verticalement, ce calcaire passe sans grandes transitions à un calcaire spathique verdâtre.

A cet endroit j'ai recueilli la faune suivante:

- Perisphinctes (Procerites) Moorei*, OPPEL.
- Perisphinctes*, sp. indet.
- Garantia (Cosmoceras)*, sp. indet.
- Phylloceras disputabile*, ZITTEL.
- Lytoceras tripartitum*, RASP.
- Lytoceras cf. pygmeus*, D'ORB. Coquille lisse, tours légèrement plus arrondis.
- Belemnites*, sp. indet.
- Rhynchonella subtrigona*, GILLÉRON, plusieurs exemplaires.

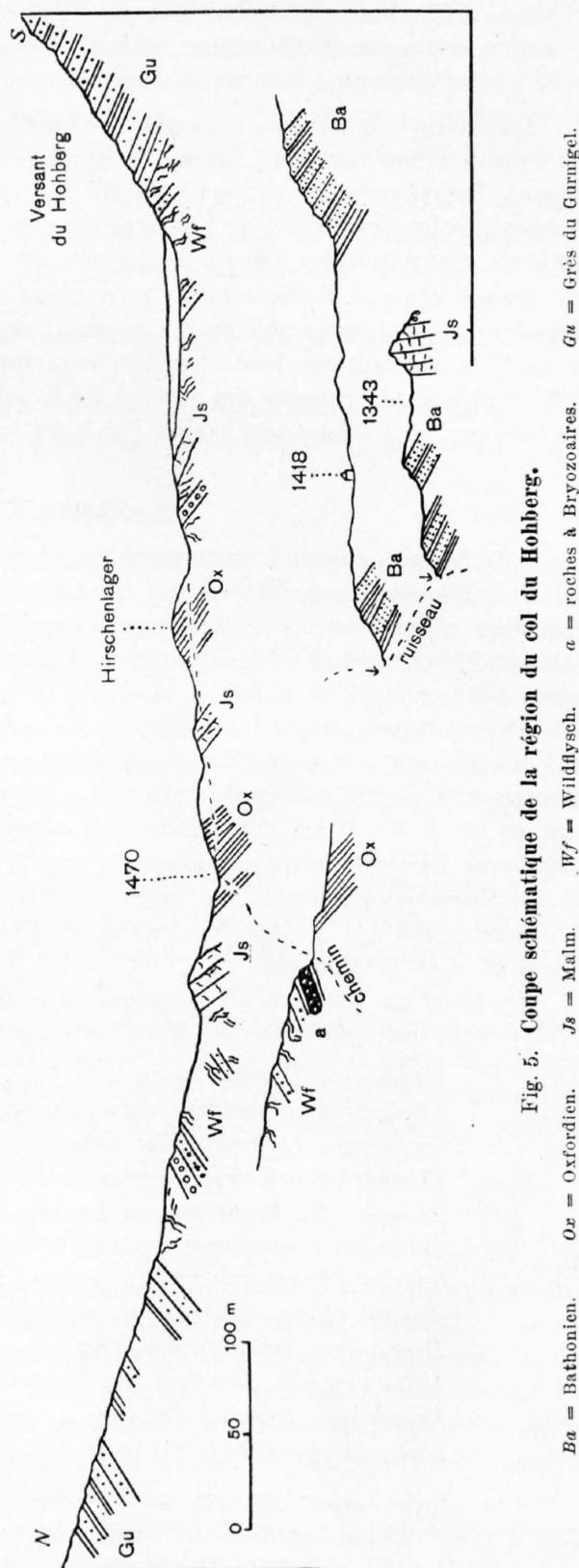


Fig. 5. Coupe schématique de la région du col du Hohberg.

Gillieron, d'un affleurement qui, si on considère la figure qu'il en donne (6, Pl. VI, fig. 1), devait se trouver dans les mêmes parages que l'affleurement que j'ai exploité, donne la liste suivante (nomenclature rectifiée):

Phylloceras adeloides, KUD.?

Belemnites aripistillum, LLWYD.

Garantia cf. Garantiana, D'ORB.

Belemnites Escheri, MAYER.

Belemnopsis bessinus, D'ORB.

La présence de *Garantia Garantiana* indiquerait l'existence du Bajocien supérieur (Bajocien IV); ceci reste toutefois douteux. Les autres organismes, notamment *Lytoceras tripartitum*, *Belemnopsis bessinus*, *Perisphinctes Moorei*, montrent que la majeure partie de ce Dogger appartient au Bathonien. La dénomination de «couches de Klaus» donnée par *Gillieron* à ces terrains s'applique donc assez justement. Je reviendrai plus loin sur les rapprochements que suggère ce Bathonien.

Dans le chapelet d'affleurements qui court au N des chalets 1349 et 1419, on a à peu près les mêmes roches que celles décrites plus au S. Cependant on remarque un calcaire gréseux gris-noir, très dur, qui paraît faire défaut plus haut; de même les marnes et les schistes marneux qu'on voit au N du chalet 1343, dans le lit du ruisseau qui descend de Hirschenlager, diffèrent un peu des marnes de Unterer Beschissener; en l'absence de fossiles j'ai laissé ces terrains dans le Bathonien.

Lames d'Oxfordien.

L'Oxfordien — ou plus exactement le Callovien-Oxfordien — forme la majeure partie du col du Hohberg (Hirschenlager). Il s'allonge de part et d'autre du col, surtout vers l'W où on le retrouve grâce à quelques affleurements très restreints mais précieux à cause des fossiles qu'on y découvre. Du Malm, du Flysch, peut-être du Néocomien se fauillent dans sa masse, indiquant une structure en écailles; aussi est-il impossible d'évaluer la puissance de ce terrain.

Deux sortes de roches, des calcaires et des marnes, caractérisent cet étage. Les marnes, schisteuses ou feuilletées, sont micacées et de teinte foncée. Des petits nodules sphériques ou ovoïdes faits de calcaire marneux sont intercalés irrégulièrement dans ces marnes. Les calcaires sont finement sableux, assez durs, en lits de 3 à 10 cm. d'épaisseur; extérieurement ils sont couverts d'une croûte ferrugineuse rouge-brun. La petite butte qui marque le point le plus élevé du col (en dessous du mot Hirschenlager) est faite de marnes plus claires et d'un calcaire gréseux, micacé, de teinte jaunâtre qui ne m'a fourni que de mauvais fossiles et quelques empreintes d'Ammonites, de sorte que je l'ai laissée, au moins provisoirement, dans l'Oxfordien.

La faune que j'ai recueillie dans quelques affleurements au voisinage du col est très semblable à celle mentionnée par *Gillieron*. Voici les espèces que j'ai déterminées:

Phylloceras Kunthi, NEUM.

Phylloceras cf. mediterraneum, NEUM.

Phylloceras (Sowerbyceras) tortisulcatum, D'ORB., nombreux exemplaires.

Phylloceras (Sowerbyceras) protortisulcatum, POMP., nombreux exemplaires.

Perisphinctes Bernensis, DE LORIOI.

Peltoceras arduennense, D'ORB.

Oppelia (Neumayriceras) cf. minax, BUKOWSKI?

Oppelia (Neumayriceras) cf. pseudoculata, BUKOWSKI.

Hecticoceras Delmontanum, OPP.

Hecticoceras cf. Bonarelli, DE LORIOI.

Belemnopsis hastatus, BLAINV.

Lima (Plagiostoma), sp. indet.

Une espèce importante que cite *Gillieron* est *Cardioceras cordatum*; je ne l'ai pas retrouvée. Mais il y a suffisamment d'espèces caractéristiques pour déterminer l'existence de l'Oxfordien. La présence d'*Hecticoceras lunula*, de *Phylloceras Kunthi* indique que le Callovien supérieur s'allie ici à l'Oxfordien.

Lames de Malm.

Lame de Malm du chalet 1343. Au N de Unterer Beschissener, au-dessus du chalet actuellement détruit, coté à 1343 m., se dresse un rocher d'une vingtaine de mètres de hauteur. Il s'agit d'une lame de Jurassique supérieur, la plus évidente de la région du Hohberg et dont *Gilliéron* a déjà donné une excellente description (6, p. 140). Les bancs sont presque verticaux, avec des changements locaux de pendage et de direction. La roche est un calcaire clair, compact, par endroits grumeleux, avec d'abondants rognons siliceux. A part des Bélemnites et des fragments d'Ammonites, on y trouve surtout des *Aptychus* (*A. punctatus*, VOLTZ, *A. sparsilamellosus*, GÜMB., *A. reticulatus*, GILLIÉRON).

Malm du sommet du col du Hohberg. Légèrement au N du col (N du P. 1470), une lame de Malm se reconnaît grâce à la présence de nombreux blocs, car la roche en place n'apparaît guère. C'est du calcaire compact brun, à rognons siliceux, du type des calcaires kimméridgiens des Préalpes externes.

Au col lui-même, tout autour du P. 1470, on observe des lambeaux de Malm qui sont comme disséminés dans les schistes du Callovien-Oxfordien.

Un peu au S de Hirschenlager, il y a un meilleur affleurement à l'W du chemin. Le calcaire compact, en lits d'assez faible épaisseur, est de teinte claire; il contient des *Aptychus* en abondance.

Lame de Malm de Schwendi.

Nous avons vu auparavant que la zone de Wildflysch du Hohberg se poursuit par la dépression de Spitzenbühl vers la Muscherensense et au delà en direction vers les Steckhütten. Au NW du chalet Schwendi, 1388 m., au bord d'une puissante coulée de blocs qui descend des hauteurs de Ober Ladengrat vers Muscheren, du Malm forme un mamelon visible de loin, de 8 à 10 m. de haut et ayant 50 à 60 m. de longueur. La roche, partiellement grumeleuse et fortement broyée, contient de fréquents *Aptychus* et quelques Bélemnites. Un peu à l'W de la masse principale, on voit plusieurs bancs d'un calcaire gréseux, partiellement marneux, qui appartient vraisemblablement au Wildflysch, car il succède directement à une brèche polygénique. Il est surmonté de calcaire du Malm qu'on ne voit qu'indistinctement à cause de la végétation.

Lame de Crétacé inférieur du Hohberg. A l'E de Utrischa, près du sentier qui conduit au col du Hohberg, une lame assez peu visible fournit toutefois pas mal de débris. Il s'agit d'un calcaire d'un gris clair, un peu moins compact que celui du Malm, par places un peu grenu et légèrement schisteux. On y trouve quelques *Aptychus*.

C'est vraisemblablement ces roches que *Gilliéron* rapporte à son Néocomien bleu du Montsalvens (loc. cit., p. 140). Leur habitus n'est cependant pas si différent du Malm. Mais la faune trouvée par *Gilliéron* paraît confirmer la présence du Crétacé inférieur; il signale en effet *Aptychus undatocostatus*, PETERS, *A. noricus* WINKLER, *A. Seranonis*, Coq., fossiles caractéristiques du Valanginien et de l'Haute-rivien. Pour ma part, je n'ai pas pu confirmer ces déterminations.

Conclusions.

Dans la description détaillée des diverses lames tectoniques j'ai déjà eu l'occasion de faire certains rapprochements. Mais il est nécessaire de reprendre d'un point de vue plus général cette étude comparative qui peut procurer des résultats intéressants. Qu'il existe des lacunes dans la succession des terrains, cela est évident: sous les énormes pressions qui les écrasèrent, les terrains tendres ont souvent été entièrement laminés, en tous cas toujours profondément bouleversés, de sorte que toute succession stratigraphique un peu complète est illusoire. Les roches compactes comme celles du Malm ont mieux supporté l'effort; cependant elles aussi ont été profondément modifiées.

Les terrains triasiques (gypse et dolomie) sont trop quelconques pour permettre un rapprochement de quelque valeur. J'ai déjà mentionné l'opinion très probable qui rattache ces roches à la zone de Bex, je n'y reviens pas.

Le Lias fait défaut dans mon territoire, mais on le connaît dans la région du Gurnigel où il a été décrit par *Gilliéron* et *E. Gerber*.

Le Dogger du Hohberg a été soumis à l'une ou l'autre interprétation. *Gilliéron* n'hésite pas à le rapporter au Dogger du Montsalvens: «Il est remarquable (que les schistes à nodules du Bathonien) soient complètement identiques par la roche et par les fossiles à ceux du Montsalvens, tandis qu'on ne les retrouve pas dans la chaîne du Ganterist, qui n'est pas à un kilomètre de distance» (6, p. 164). Cette interprétation partagée également par *Arn. Heim* dans la «*Geologie der Schweiz*» est contredite par *O. Büchi* qui, s'appuyant sur ses propres observations et sur celles que lui a communiquées *H. Huber*, croit pouvoir rapporter ce Dogger à la nappe des Préalpes médianes (78, p. 105). Mes observations concordent nettement avec celles de *Gilliéron* et je n'hésite pas à rapporter ce Dogger à la nappe ultrahelvétique. L'affleurement principal avec son calcaire glauconieux à parties conglomératiques a la plus grande analogie avec les «couches de la Pereyre» décrites par *Arn. Heim* dans la plaine de Bulle (69, p. 438); on ne connaît rien de semblable dans le Dogger du Ganterist.

D'ailleurs, le doute n'est pas possible avec l'Oxfordien du Hohberg si semblable à celui des Préalpes externes. Le mélange de la faune oxfordienne avec la faune callovienne supérieure est connu dans la plaine de Bulle [voir la liste des fossiles donnée par *Gilliéron* (6, p. 83) et les remarques à ce propos d'*Arn. Heim* (68, p. 439) et de *Gagnebin* (81, p. 7)]; *Büchi*, il est vrai, est parvenu à retrouver la succession du Callovien et de l'Oxfordien (loc. cit., p. 16 à 19). Ceci n'est guère possible, même si elle existe, au Hohberg, où tout est si restreint et si bouleversé. Quoi qu'il en soit, il reste que les schistes à nodules du Hohberg sont les équivalents exacts des roches semblables du Montsalvens et des Pléiades. Il est possible que l'Argovien soit également compris dans le complexe des schistes noduleux, mais en l'absence de trouvailles paléontologiques, je ne peux rien affirmer à cet égard.

Le Malm proprement dit (Séquanien, éventuellement Argovien supérieur jusqu'au Portlandien) est la roche typique des lames. Le calcaire des lames des Echelettes, du Hohberg et de Schwendi, compact, concrétionné, pseudo-conglomératique, souvent modifié par les écrasements intenses qu'il a subi, correspond dans ses grands traits au Malm du Montsalvens et de la Veveyse. Le Malm de la Chablex et celui de la Rescherne, mais surtout celui de la Téraillonnaz, sont déjà plus spéciaux.

Le Malm de Kloster est le plus particulier à cause de ses inclusions gréseuses. Je ne connais rien de pareil dans les Préalpes externes. Il faut aller très loin pour trouver un cas analogue. *Arn. Heim* a signalé un calcaire passant au grès à l'W du Rheintal dans les «Grabser-Klippen», lames qui jalonnent un Flysch très semblable à celui de la Berra (28).

C. Grès du Gurnigel.

I. Généralités.

Le nom de «*Grès du Gurnigel*» a été donné par *B. Studer* en 1825 à la roche la plus fréquente de la chaîne de la Berra. Plus tard on tenta de lui substituer le nom de macigno alpin. Toutefois, la première dénomination a prévalu et a fini par désigner tout le niveau sus-jacent au Wildflysch. Au point de vue lithologique, le complexe du Grès du Gurnigel est caractérisé par la prépondérance des grès; mais il s'y associe toujours des marnes pour une large part, plus localement des petites brèches. Les schistes argileux de même que les calcaires sont tout à fait exceptionnels.

Le Grès du Gurnigel repose stratigraphiquement sur le Wildflysch. Ceci est visible tout le long du versant externe de la chaîne. La limite entre les 2 divisions du Flysch est assez nette à la Berra, alors qu'ailleurs un passage graduel rend difficile souvent la séparation des deux termes. Presque toujours le Grès du Gurnigel débute par une série puissante de bancs de grès durs entre lesquels ne s'intercale aucun dépôt marneux important. Aussi dans la topographie, le Grès du Gurnigel succédant soit aux pâturages marécageux engendrés par le Wildflysch, soit aux amas d'éboulis, forme un versant assez raide, toujours boisé.

Par l'introduction de plus en plus abondante de marnes entre les bancs de grès, la formation ne garde pas longtemps un relief bien prononcé. C'est le cas de l'intérieur du massif où prédominent les séries grés-marneuses : de là un modelé mou et des terrains fortement ravinés. Des séries plus franchement gréseuses apparaissent ici et là. Mais la distribution des complexes gréseux et grés-marneux est trop irrégulière et trop limitée à des affleurements discontinus pour être établie même sur une carte détaillée.

Cette extrême monotonie des terrains est rompue un peu par l'apparition de bancs de grès grossiers et de petites brèches passablement riches en *Nummulites*.

II. Les entités pétrographiques.

On peut distinguer 3 groupes de roches, d'importance très inégale :

- 1° le complexe des grès ;
- 2° les arkoses et les brèches ;
- 3° les marnes et les calcaires.

1° Complexe des grès.

Les caractéristiques des grès ont été remarquablement bien définies par *B. Studer* (1, p. 32) et avec raison *E. Gerber* a cité à nouveau cette page de *Studer* (86, p. 21 à 22). En somme, ce qui est généralement constant pour ce grès, ce n'est pas son grain susceptible de varier dans une proportion très large, mais c'est sa dureté considérable due à une cimentation accentuée et sa teinte presque toujours bleuâtre, très typique sur les cassures fraîches et à l'intérieur des bancs. Exposés à l'air, les grès du Flysch réagissent d'une manière très uniforme, ce qui permet de les distinguer assez aisément de ceux d'autres formations, des grès du Lias par exemple ; ils se recouvrent d'une croûte plus ou moins épaisse de teinte ocreuse, brunâtre ou jaune roux, due à l'oxydation et à la décalcification du ciment et de certains composants des grès et à l'altération de la pyrite de fer, disséminée dans la roche.

Les composants essentiels se reconnaissent macroscopiquement de façon très nette, pour autant que le grain n'est pas trop fin. Le quartz, en grains vitreux, gris, quelquefois rosés, est l'élément prépondérant ; c'est lui qui donne un aspect cristallin aux cassures fraîches des grès durs. Il est toujours accompagné de feldspaths très abondants ; ceux-ci, à cause de leur teinte rose ou rouge, sont vraiment l'élément typique des Grès du Gurnigel. Ils sont souvent d'aspect très frais et lorsqu'ils apparaissent en fragments pas trop altérés, on y reconnaît facilement à l'œil nu ou à la loupe la macle de Carlsbad. Quant aux micas, ils ne jouent pas un rôle essentiel. Les autres éléments sont peu caractéristiques ; tout au plus peut-on signaler des calcaires dolomitiques qui, sans être abondants, sont aisés à reconnaître.

Les empreintes charbonneuses sont très communes dans les grès fins et les grès marneux ; sur les grès grossiers et bréchoïdes, elles manquent presque totalement. Contrairement à ce qui a été affirmé parfois, il n'est guère possible de reconnaître des restes ou des empreintes de feuilles ; ce qu'on y voit est informe.

Les bancs sont de puissance très variable. Souvent ils n'ont que quelques centimètres d'épaisseur, en moyenne 10 à 50 cm. ; ceci est la règle presque générale là où les marnes et les schistes marneux forment des intercalations régulières au milieu des grès. Au contraire, lorsque les marnes sont très subordonnées, les bancs de grès peuvent atteindre 6 à 8 m. de puissance ; une telle épaisseur n'apparaît que localement : si l'on suit un pareil banc sur un certain espace, on le voit bientôt se subdiviser en assises de moindre importance.

Les plans de stratification sont parfaitement nets. Des fissures très nombreuses, perpendiculaires ou obliques au plan de stratification, fractionnent partout les assises et les débitent en blocs anguleux de volume variable. Entre ces fissures comme entre les plans de stratification se développent assez souvent des cristaux de calcite de plusieurs cm. de hauteur.

Le ciment est généralement constitué par du calcaire auquel s'ajoutent des produits de décomposition des feldspaths. Il peut devenir partiellement siliceux par l'introduction de quartz secondaire.

Variétés du Grès du Gurnigel.

Au point de vue lithologique, on peut distinguer des variétés infinies dans les grès. *B. Studer* a déjà consacré plusieurs pages à décrire les variations de ces grès dont plusieurs types se voient souvent à un même endroit. C'est dire qu'elles ne peuvent servir à des subdivisions du complexe.

Grès à grain fin. Les grès en alternances régulières avec les schistes argilo-marneux et les marnes feuilletées sont ordinairement à grain fin, à l'extérieur de teinte jaune ocreux. Ce type de grès, le plus commun de tous, ne forme guère d'assises très puissantes.

Dans les carrières du Flysch on exploite comme pierre à pavés un grès fin, très dur, de couleur bleu sombre. Son ciment calcaréo-siliceux en fait un grès très quartzeux. Il peut constituer des bancs très épais. Par places il est sillonné de minces fissures remplies d'une argile noire, luisante.

Grès moyens et grossiers. Ces grès, sans être aussi fréquents que les précédents, sont toutefois bien plus caractéristiques. Ils représentent en somme le type normal du Grès du Gurnigel. On peut prendre comme exemple les grès à Nummulites du Lägerlilaenen, au-dessus du Lac Noir. On y trouve toutes les transitions des grès à grain fin jusqu'aux grès grossiers et parfois bréchoïdes. A l'œil nu, les éléments suivants se reconnaissent : quartz hyalin ou transparent faisant saillie sur les surfaces altérées, feldspaths blancs et rouges, grains de calcaires divers, fragments de granites et de porphyres, etc. Les micas font presque totalement défaut.

Coupes minces. La prédominance appartient au quartz. Il contient des inclusions nombreuses, vitreuses, également minérales avec de la biotite et du zirkon muni de l'auréole pléochroïque. Les grains sont tantôt anguleux — dans ce cas on a presque toujours l'extinction onduleuse —, tantôt ont leurs contours arrondis et l'extinction franche. Les cristaux d'orthose, quoique fortement altérés et kaolinisés, ont généralement conservé leurs contours cristallographiques. Les plagioclases, mieux conservés, sont du type acide (albite et oligoclase). La calcite, par cristallisation secondaire, forme des cristaux bien dessinés. Comme autres éléments, on reconnaît du microcline, de la biotite chloritisée, des débris de calcaires divers, des petits grains arrondis de glauconie. Je reviendrai plus loin sur les nombreux organismes qu'on y trouve.

Grès bréchoïdes et petites brèches à Nummulites. Les grès bréchoïdes sont des termes de transition entre les grès et les petites brèches. En somme, ce sont des grès quelquefois fins, plus généralement grossiers, chargés abondamment de galets de 1 à 2 cm.

Les petites brèches forment par contre des bancs bien définis, qui s'intercalent ordinairement dans les séries gréseuses, en bancs continus assez épais, mesurant facilement 1 à 2 m. Si le banc n'est pas homogène, une partie étant faite de grès fin, l'autre de brèche, le passage a lieu brusquement, suivant un plan horizontal qui délimite ainsi 2 zones nettement distinctes, alors qu'avec le grès bréchoïde la limite n'est pas du tout franche. Les éléments ont en moyenne 1 à 2 cm., rarement plus de 5 cm. A côté de calcaires variés, on y trouve des granites rouges, des porphyres, des micaschistes, etc.

Coupes minces. Les échantillons choisis proviennent des niveaux particulièrement importants du Fallenbach, du Rothenbach et du Zorettliegg. Le quartz montre les mêmes caractères que dans les précédentes coupes, de même l'orthose. Le microcline, très abondant, forme de grands cristaux aux contours arrondis, et ne manifeste aucune altération; on le reconnaît sans peine à son quadrillage caractéristique suivant les sections parallèles à $P[001]$; les cristaux perpendiculaires à $M[010]$ et parallèles à l'axe c sont plus rares. Les plagioclases ne manquent pas non plus. Comme composants d'importance secondaire, on a de la biotite et de la muscovite, des débris de quartzites et de calcaires, de la pyrite, etc. Le ciment calcaire mêlé à des résidus de feldspath décomposé est en quantité variable.

Petite brèche feldspathique. C'est une variété intéressante de la brèche à Nummulites et qui est caractérisée par le développement considérable des feldspaths roses. On peut prendre comme type les bancs de brèches qu'on trouve à Bigitoz, dans les ravins situés au SE du sommet de la Berra. A côté d'éléments de 0,5 à 1 cm. en moyenne, certains galets atteignent 5 à 8 cm. de diamètre. L'orthose,

très commune, mesure 1 à 2 cm., même 3 cm., et a gardé parfois, quoique isolée, ses formes cristallines. Sur un échantillon j'ai trouvé un cristal de $1,5 : 1 : 1$ cm. montrant $P [110]$, $P [010]$, $OP [001]$, $P [111]$. Il s'y ajoute également des plagioclases.

En coupes minces on retrouve les mêmes composants que ceux décrits pour les roches précédentes, mais le premier rôle appartient aux éléments cristallins. Ces roches doivent résulter en majeure partie de la destruction d'un massif de granites porphyroïdes rouges, car on y observe tous les minéraux signalés dans les granites rouges exotiques.

Grès glauconieux. Ils sont toujours à grains fins, très durs, vert foncé, ponctués de glauconie. Ils apparaissent en bancs isolés, au milieu des autres grès. Il est bien difficile de dire si ces roches occupent une place privilégiée dans le Flysch. Suivant *E. Gerber*, elles seraient limitées à la partie inférieure du Grès du Gurnigel, marquant le passage du Wildflysch au Grès du Gurnigel (86, p. 25). Sans avoir pris expressément garde à ces roches, j'en ai toutefois observé à l'intérieur du massif; mais il est possible qu'elles prédominent dans les parties basales du complexe.

Grès à Bryozoaires. A la carrière du Zollhaus, en arrière de Planfayon, on observe quelques bancs d'un grès beaucoup plus grossier que celui qu'on exploite tout alentour. C'est un grès très dur, fortement cimenté, à grain moyen ou grossier, avec quelques galets de 2 à 4 cm. Les éléments sont essentiellement cristallins, quartz, orthose rouge de 1 cm., plagioclases à lamelles hémitropes discernables, biotite en paillettes assez grandes, muscovite rare, débris de schistes chloriteux, de granites. Parmi les éléments non cristallins, citons des calcaires dolomitiques blanchâtres, des calcaires compacts clairs (Malm?), des calcaires grésiformes. Des schistes argileux noirâtres s'intercalent d'une façon discontinue à l'intérieur des assises.

Des organismes nombreux prennent une part importante à la constitution de ce grès. Les plus abondants sont certainement les Bryozoaires, bien caractéristiques de cette roche. Signalons encore de très fréquentes Orthophragmines, des Operculines, des débris de Bivalves et quelques dents de poissons. Par contre, les Nummulites sont extrêmement rares (90, p. 261 et 262).

Coupe mince. On y retrouve tous les éléments signalés dans l'examen macroscopique, avec prépondérance du quartz et des feldspaths. L'orthose, le microcline, mais surtout les plagioclases acides apparaissent en grands cristaux ayant encore souvent leurs contours cristallographiques. Autres éléments détritiques révélés par le microscope: hornblende, apatite libre ou incluse dans les cristaux de plagioclases. Éléments secondaires: cristaux de calcite et grains de glauconie. Aux organismes mentionnés plus haut, il faut ajouter des Lithothamnies en grande abondance.

Extension. Cette roche limitée ordinairement à 2 ou 3 bancs assez épais se retrouve ou divers endroits:

1° Au-dessus de la route du Lac Noir, au N de Sturnena.

2° A l'entrée du Rothenbach.

3° Au Krätze, carrière dans le Flysch, près du Lac Noir.

4° A la carrière de la Valsainte.

5° Dans le Plasselbschlund, à côté du pont qui traverse la Gérine au P. 958. Il y a là quantité de blocs d'un grès presque plus riche encore en Bryozoaires qu'au Zollhaus; ce grès contient en outre de gros galets de granite rouge. L'abondance des débris ne m'a pas permis de reconnaître si la roche est bien en place à cet endroit; je soupçonne qu'elle provient de l'escarpement qui domine la rivière.

6° Dans le R. des Filistorfenaz, un peu avant sa jonction avec le R. des Filistorfènes, à la cote 1300.

A ce type de roche est lié un grand développement d'algues et de sillons problématiques; on les trouve en quantité au Zollhaus, aux autres endroits également ces restes apparaissent largement.

Grès à Lithothamnies. Ces roches se reconnaissent assez aisément à cause de la cassure porcelanée des Lithothamnies qui parsèment abondamment le grès. Leur grain est rarement grossier et là où les algues calcaires sont particulièrement abondantes, la roche rappelle quelque peu les calcaires construits. Ces roches sont surtout bien développées à l'E de la Singine; ce sont elles qui forment les rochers de Hellstätthahnen. Des grès qui leur sont assez apparentés sont les grès à Orthophragmines qu'on trouve ici et là à la Berra; je décrirai plus loin leur extension.

Coupe mince. L'échantillon a été recueilli à l'E de Ober-Hellstätt. Le quartz, abondant, forme des grains anguleux ou partiellement roulés; l'extinction est variable, tantôt franche, tantôt onduleuse. Les éléments détritiques accessoires comprennent des plagioclases assez fréquents et relativement frais, de la muscovite, quelques fragments de granite et de calcaire. Le ciment largement distribué est presque exclusivement calcaire et se présente en majeure partie sous forme de calcite cristallisée. Des grains de glauconie avec un noyau brun (silicate décomposé?) sont un peu clairsemés dans la coupe. Parmi les organismes, les Lithothamnies ont le premier rôle et apparaissent en sections variées. On reconnaît en outre des Orthophragmines, des Textulaires, d'autres Foraminifères à détermination incertaine, enfin des débris de Crinoïdes et des fragments Lamellibranches.

2° Les arkoses et les brèches cristallines.

a) **Arkoses.** J'ai souligné plus haut l'importance que revêtent les feldspaths dans les Grès du Gurnigel. Il arrive que ces minéraux prennent une part très notable comme matériaux constitutifs des grès, parvenant dans certains endroits à égaler presque le quartz; ce sont de véritables arkoses. Ces roches forment à elles seules des bancs entiers, assez limités quant à leur puissance, mais toujours très reconnaissables au milieu des autres grès qui les encadrent, grâce à leur teinte claire, rosée, à leur habitus cristallin; lorsque les micas y sont associés, ces arkoses ont un aspect granitique tout à fait caractéristique.

Un très beau banc de 1 m. de puissance se voit à l'W du sommet de la Berra, 60 à 70 m. en dessous du sommet. Grâce à la fraîcheur de ses éléments, il simule vraiment le granite rose. Les 3 constituants habituels de cette roche, quartz, feldspaths alcalins et micas, sont nettement prépondérants. A la loupe on reconnaît déjà les plagioclases à leurs lamelles hémitropes. Les micas sont représentés par de la biotite en belles paillettes noires. Il faut cependant mentionner quelques éléments adventifs, des schistes cristallins verts, du granite. Les Nummulites manquent.

Un banc d'arkose qui se trouve au S de la Rescherne (arête des Paquiers) est intéressant en ce sens qu'il montre le passage subit de l'arkose au grès fin, sans aucune transition ménagée.

Les Nummulites accompagnent parfois les arkoses. On en trouve dans un banc situé sous le sommet du Schweinsberg, entre les P. 1648 et l'hôtel, vers la courbe 1620. Ce banc mesure 2 m.; un second, moins puissant, s'observe encore un peu plus bas. Ces arkoses, de teinte rosée, sont toutefois moins franches que celles de la Berra, car il s'y ajoute davantage d'éléments étrangers au granite. Les Nummulites, peu nombreuses et pas reconnaissables au premier abord, sont cependant assez grandes.

Des grès-arkoses marquent le passage vers les petites brèches granitiques. C'est ce type de roches qui constitue partiellement les petits monticules qui s'élèvent entre le chalet du Gros Cousimbert et le sommet 1630. Elles ne sont bien marquées qu'au S du P. 1596 où le grès-arkose passe nettement à la brèche granitique tout en ne se débarrassant pas entièrement d'enclaves gréseuses; on y reconnaît quelques Nummulites.

b) **Petites brèches granitiques.** Un banc de brèche granitique est visible au bas de l'escarpement boisé du Cousimbert, en dessous du Cousimbert à Remy. On le suit jusqu'au R. des Roches, au S de la Joux; il mesure 1 m. de puissance. Des débris de cette roche s'observent abondamment dans le lit du R. des Roches, notamment près de la ligne de contact du Wildflysch et du Grès de la Guiga et tout le long du ruisseau jusqu'à Lienne-dessus. Cette brèche se distingue de l'arkose grossière du fait que les matériaux plus volumineux (0,5 à 2 cm.) sont fortement unis par un ciment riche en quartz secondaire; aussi sa dureté est-elle tout autre de celle de l'arkose. Une autre différence est qu'au lieu d'être constitué par les divers éléments du granite rose, c'est le granite lui-même qui apparaît en fragments. Des mica-schistes et quelques fragments d'un calcaire compact accompagnent accessoirement cette roche. Elle est en outre toute parsemée de Nummulites.

J'ai retrouvé plusieurs blocs d'une brèche semblable à Nummulites dans le R. de la Paradisa. Ils paraissent provenir du SE de Rigoletta, là où la carte indique quelques arbres à l'E des grands ravins. A cet endroit gisent de nombreux blocs non roulés, mais le banc même paraît être caché sous les dépôts glaciaires.

J'ai également noté des blocs semblables, tout couverts de Nummulites, dans le cours inférieur du Höllbach. Un petit banc de cette roche se trouve bien en place près du P. 1203, en compagnie des autres grès à Nummulites. Le banc principal, à en juger par les débris, doit toutefois être en amont du P. 1203, mais je ne suis pas parvenu à le retrouver.

Les plus beaux affleurements se trouvent sur le versant N du Schweinsberg, en dessous du chalet Praderwan, puis réapparaissant au S de Görtsegg, enfin au SE de Widenvorsatz. Au S. de ce dernier chalet, dans les berges et le lit du ruisseau, quelques bancs de cette brèche sont plus grossiers qu'ailleurs; les éléments atteignent pour la plupart 2 à 3 cm. et certains 8 à 10 cm. même. Les granites rouges et, dans une moindre mesure, les granites verts prédominent; quant aux Nummulites, on les trouve mais difficilement.

J'ai noté des roches analogues au-dessus de Herenkneuwis (versant oriental du Schweinsberg).

Brèche du Creux des Pierres. Une brèche revêtant un caractère un peu grossier est exceptionnelle dans le Grès du Gurnigel. A part la brèche décrite plus haut de Widenvorsatz, qui n'est d'ailleurs qu'une modification locale de l'arkose habituelle, je n'ai trouvé de véritable brèche qu'à un seul endroit, au Creux des Pierres (bas du Cousimbert). Encore la marge n'est-elle pas considérable.

Ces brèches s'observent d'abord en dessous du P. 1463 où il est intéressant de les suivre pour se faire une idée de leur caractère intermittent le long d'un même niveau; on les voit successivement s'épaissir, puis se fondre dans les grès pour reprendre un peu plus loin. Un deuxième banc puissant de 1 m. apparaît plus bas, à la courbe 1310. Il est plus constant et plus grossier que le précédent. Les matériaux ont 2 à 3 cm. de diamètre, au maximum 8 cm. Il s'agit d'une brèche polygénique, mélange de roches calcaires et cristallines, avec légère prépondérance de ces dernières (granites rouges, gneiss, schistes chloriteux, etc.).

Les feldspaths néogènes.

Dès le début, j'ai signalé comme éléments tout à fait caractéristiques des Grès du Gurnigel, les feldspaths, notamment les feldspaths roses et rouges. Les descriptions qui ont suivi n'ont fait qu'accentuer ce caractère pétrographique. On a vu que dans les arkoses et dans les brèches feldspathiques les feldspaths arrivent presque à contrebalancer les autres éléments détritiques des roches précitées. Toutes les coupes minces faites dans les diverses variétés de grès révèlent des cristaux de feldspath. A l'œil nu déjà on distingue facilement sur les cristaux d'orthose la macle de Carlsbad et sur les cristaux de plagioclases les lamelles hémitropes. Bien plus, on a vu auparavant qu'il est possible de trouver des cristaux de feldspath munis de toutes leurs faces cristallines et atteignant presque 2 cm. Dans tous ces cas, cependant, il s'agit de feldspaths primaires.

Par contre, sous le microscope, on observe des petits cristaux de feldspath dépourvus ou presque dépourvus d'altérations et ayant leurs contours cristallographiques tout à fait nets. L'un d'eux contenait comme inclusion un petit cristal de calcite très certainement secondaire, un autre avait épigénisé, en partie, une Nummulite. Il s'agit évidemment ici de feldspaths néogènes.

Les rapports entre les feldspaths détritiques et les feldspaths néogènes sont assez variables et difficiles à établir. Cette question d'ailleurs nécessiterait pour elle-même une étude spéciale; je me suis contenté de la signaler ici.

La découverte de feldspaths néogènes dans le Flysch n'est pas nouvelle. D. Trümpy en a signalé dans le Flysch du Prättigau (57, p. 83) et on en connaît dans le Flysch des Alpes françaises.

Relations pétrographiques entre le Grès du Gurnigel et le Wildflysch.

L'examen pétrographique des éléments constitutifs des roches grossières du Grès du Gurnigel, grès bréchoïdes, arkoses, brèches à Nummulites, brèches cristallines et brèches polygéniques, prouve que ces éléments sont exactement les mêmes que ceux des brèches et des conglomérats du Wildflysch et que les blocs exotiques. En particulier, on y retrouve les mêmes granites roses et verts, les mêmes porphyres quartzifères et feldspathiques que ceux longuement décrits des blocs exotiques du Wild-

flysch. Tout au plus intervient-il une différence de proportion, les éléments calcaires paraissant plus abondants dans les roches grossières du Wildflysch qu'elles ne le sont dans les roches analogues du Grès du Gurnigel. J'ai montré également que des différences secondaires permettaient généralement de discerner les grès grossiers des 2 divisions. Il n'en demeure pas moins que le Grès du Gurnigel est «exotique» au même titre que le Wildflysch et que les blocs exotiques.

3° Les marnes et les calcaires.

Les marnes sont abondamment répandues dans tout le Grès du Gurnigel, mais ne prédominent nulle part sur les grès, à l'exception d'une zone particulière qui sera traitée à part plus loin. J'ai déjà fait remarquer que même les séries franchement gréseuses ne sont pas pour autant dépourvues d'intercalations marneuses. Mais le développement le plus parfait des marnes apparaît dans les séries de grès à plaquettes; c'est une succession souvent puissante de plusieurs centaines de mètres, faite de bancs de grès fins de 5 à 30 cm., alternant avec une épaisseur à peu près pareille de marnes; par endroits, les bancs de grès accusent 1 m. et les marnes autant. C'est la succession la plus banale et la plus commune du Grès du Gurnigel. Parmi des exemples nombreux où se montre cette succession, je citerai les ruisseaux de la Wusta, de la Paradisa, la Gérine dans son cours inférieur, les grands ravins du Höllbach en amont du P. 1203, etc.

Leur teneur en calcaire et en argile est assez variable et par enrichissement en argile, elles passent à un type de marne assez commun, de teinte plus foncée que les marnes normales. Elles ont généralement une allure feuilletée ou schisteuse. C'est à leur surface qu'apparaissent surtout les algues marines, *Fucoïdes*, *Helminthoïdes* et autres traces problématiques.

Les calcaires sont extrêmement rares dans le Grès du Gurnigel: c'est là une différence très sensible vis-à-vis du Wildflysch.

Des calcaires ayant le «faciès Malm» sont totalement absents. Ceux qu'on observe rappellent plutôt le calcaire turonien, mais avec une tendance plus marneuse cependant. On les trouve généralement au voisinage des brèches. Les bancs ne mesurent le plus souvent que quelques centimètres d'épaisseur: aussi sont-ils très peu apparents et difficiles à suivre.

Je n'ai que peu d'affleurements à citer. Un banc bien reconnaissable se voit près du chalet Kapberg 1436, entre le chalet et les affleurements de brèches à *Nummulites*. D'autres bancs accompagnent les roches nummulitiques dans les ravins au SW du sommet de la Berra; il s'agit d'un calcaire clair, assez marneux, avec quelques *Fucoïdes* à sa surface.

Il y a en outre des calcaires gréseux et des calcaires très marneux marquant le passage vers les grès ou vers les marnes. Ces roches sont cependant peu fréquentes, en tout cas mal individualisées. Les échantillons recueillis proviennent des affleurements en face de la Lenzburgera (Plasselschlund) et du Höllbach.

4° Zone schisteuse d'Hellstätt.

J'ai défini auparavant le Grès du Gurnigel comme un complexe de grès avec marnes subordonnées. Il n'en est plus tout à fait ainsi à l'E de la Singine où incontestablement une zone schisteuse s'établit, due à la prédominance des marnes sur les grès. Elle débute au N du Zollhaus où l'on voit les premiers affleurements en face de Kneuwiesstiege, le long des berges de la Singine. Elle est à cet endroit très étroite, réduite à quelques dizaines de mètres d'épaisseur. Ici comme tout le long de son parcours, elle est située entre 2 séries gréseuses assez importantes: l'une constitue la paroi externe dénommée Gebrannte Egg, l'autre, interne, part du point de confluence des 2 Singines en direction vers Hellstättbahnen. La présence de roches plus tendres entre 2 séries plus résistantes a occasionné une zone déprimée; le Martisgraben a précisément son lit entaillé dans la zone schisteuse, ce qui ouvre bien des affleurements. En dessous de Martene, la zone s'élargit considérablement et ne tarde pas à acquérir quelques centaines de mètres de largeur; le paysage qui en résulte est caractéristique par son modelé très effacé, rappelant celui du Wildflysch ou plus encore, celui des dépressions morainiques. Mais il suffit de remonter les différents ruisseaux qui sillonnent cette région pour avoir des affleurements en abondance.

Les schistes marneux prédominent manifestement ; ils sont généralement de teintes sombres, quelquefois brun-rouge. Des bancs de grès s'y intercalent, mais sans dominer nulle part. Ce sont surtout des grès très durs, verdâtres ou noirâtres, à grain très fin, à ciment essentiellement siliceux. De telles roches apparaissent sporadiquement dans le Grès du Gurnigel, plus communément dans le Wildflysch ; à Hellstätt, elles abondent. Près de Martene, on aperçoit 2 à 3 bancs d'une petite brèche. Plus caractéristiques encore sont les calcaires. Déjà en remontant les divers ruisseaux de la zone, on les observe à plus d'un endroit. Mais c'est surtout entre Untere Hellstätt et Hellstättshahnen qu'on les voit le mieux. Les calcaires sont marneux, clairs, gris-bleuâtre extérieurement ; leur surface est couverte de *Fucoides*. Ils forment des bancs schisteux de 20 à 80 cm. d'épaisseur.

Il est évident que cette zone schisteuse diffère profondément de ce qu'on a coutume de rencontrer dans les Grès du Gurnigel. Elle a incontestablement avec le Wildflysch plus d'une analogie et on pourrait, à première approximation, la considérer comme tel. Je mentionnerai comme ressemblances l'abondance des schistes sombres, la présence de grès siliceux très fins, de calcaires, de petites brèches. Toutefois, le Wildflysch type, celui des Botteys par exemple, a des calcaires plus variés, des schistes argileux plutôt que des schistes marneux, des brèches plus grossières, des blocs exotiques. Mais il y a surtout le fait suivant qui m'a fait ne pas ranger cette série schisteuse dans le Wildflysch, plutôt la considérer comme un complexe un peu spécial subordonné au Grès du Gurnigel. C'est que le Grès du Gurnigel lui-même a un caractère un peu spécial aux abords immédiats de cette zone. Les niveaux de grès à *Lithothamnies* et à *Orthophragmines* sont typiques pour le secteur d'Hellstätt ; de même les calcaires et les grès siliceux y sont certainement plus fréquents qu'ailleurs. J'ai retrouvé sur de faibles surfaces, mais toutefois avec une netteté tout autre qu'à la Berra proprement dite, des schistes calcaires identiques à ceux d'Hellstätt ; un niveau bien dessiné se voit au N de Sangernboden, tout près de Halbsack. Aussi une continuité stratigraphique avec la série gréseuse interne me paraît-elle incontestable. Il est beaucoup plus délicat de préciser quelle est la relation entre la zone schisteuse et la série gréseuse externe (série de la Gebrannte Egg). Les nombreuses dislocations qu'on observe dans la zone schisteuse font un peu contraste avec le caractère tranquille des séries encadrantes ; on peut les expliquer par des mouvements disharmoniques. J'incline plutôt à voir un système de 2 écailles, l'une externe, écaille de la Gebrannte Egg avec Wildflysch basal, l'autre interne, écaille de Hellstätt avec un soubassement schisteux. En tous cas et sans préjuger de l'interprétation tectonique, on a à l'E de la Singine un changement des conditions de sédimentation du Grès du Gurnigel dans le sens de la sédimentation propre au Wildflysch.

III. Paléontologie et âge.

1° Historique.

Parmi les fossiles du Flysch de la Berra et, d'une manière générale, du Flysch des Préalpes externes, seules les Nummulites ont été l'objet de travaux ou de mentions spéciales : aussi ne sera-t-il question que de ces organismes dans cette introduction historique. La découverte de ces fossiles dans cette zone de Flysch a été des plus laborieuses. *Ph. de la Harpe*, dans un important mémoire paru vers 1880, en a déjà fait l'histoire. Qu'il me suffise d'en rappeler les grands traits.

Signalées par *C. Brunner de Wattenwyl* vers 1850, puis plus tard par *de Fischer-Ooster*, quelques Nummulites rapportées par le premier furent examinées par *Ph. de la Harpe* qui y a reconnu une espèce voisine de la *Num. Lucasanus* (= *Num. perforatus*). Une grande incertitude ne continua pas moins à régner quant à l'âge du Flysch, car les géologues distinguaient alors le Flysch ou Eocène schisteux, dans le sens de *B. Studer*, du terrain nummulitique proprement dit. En outre, les échantillons étudiés avaient tous été récoltés parmi les débris et non dans la roche en place.

Je mentionne ici un fait que *de la Harpe* n'a pas indiqué et qui a son importance. Sur territoire français, aux Voirons, *Alph. Favre* avait trouvé des Nummulites en quantité suffisante pour qu'on pût parler déjà de grès nummulitique. Or, dès 1825, *B. Studer* avait très justement rattaché les Voirons à la chaîne Niremont-Berra (1, p. 32) et dans la suite il revient à plusieurs reprises sur ce fait. En 1853 notamment, mettant en parallèle les découvertes de *Brunner* et *de Fischer-Ooster* avec celles de *Favre*,

Studer y voit une preuve confirmant le prolongement rigoureux du Flysch de la zone externe de l'Arve jusqu'à l'Aar (3, p. 99).

L'étude complète et consciencieuse de *V. Gilliéron* sur les Préalpes entre la Sarine et l'Aar apporta très peu de nouveau pour ce qui concerne les Nummulites. *Gilliéron* ne découvrit nulle part des gisements, sauf à un endroit, à la Gissaz à Paquier (la Chablex), où se trouve le conglomérat à éléments cristallins et qui contient de fréquentes Nummulites (6, p. 135).

Le travail de *Ph. de la Harpe* mentionné déjà plus haut est certainement la contribution la plus importante sur les Nummulites du Flysch préalpin (7). Outre un historique détaillé qui situe clairement le problème des Nummulites dans le Flysch, ce qui était assez nouveau, l'auteur décrit 2 nouvelles espèces de Nummulites, la *Num. Partschi* et la *Num. Oosteri*, espèces originaires du Waschberg et du Mischelsberg, près Vienne en Autriche, et que *de la Harpe* a reconnu dans les échantillons provenant de la chaîne du Gurnigel.

Renévier insista avec raison sur la valeur des précisions apportées par *de la Harpe*, notamment sur le fait que pour la première fois, au moins en Suisse, des Nummulites du Flysch étaient spécifiquement déterminées.

En 1882 paraît une communication de *M. Doge* sur la découverte d'un gisement précis dans la région du Lac Noir où les Nummulites sont assez abondantes (8). Il s'agit du Lägerlilauen, immédiatement au NW du lac.

Les déterminations précieuses de *de la Harpe* et la découverte de *Doge* ont été jusqu'à ces années dernières les seules données positives sur les Nummulites des Préalpes externes. Dans le volume 18 des «Matériaux», *Gilliéron* ne fait que rappeler brièvement ce qu'il avait déjà dit précédemment sur ce sujet (10, p. 134). En 1887, le grand travail de *E. Favre* et *H. Schardt* n'apporta, lui non plus, aucune donnée nouvelle, ces géologues n'ayant pas découvert de Nummulites dans le territoire étudié par eux. Ils précisent toutefois l'existence certaine de la *Num. Oosteri* au-dessus du Lac Noir (12, p. 213).

Dans son travail sur le Flysch des Alpes suisses, *Arn. Heim* traite très brièvement le Flysch des Préalpes (25, p. 39). Au point de vue paléontologique, il a eu le mérite de reconnaître dans la *Num. Oosteri*, DE LA HARPE, la variété mégasphérique de sa *Num. gallensis*.

Dans sa magnifique synthèse du Nummulitique alpin, *J. Boussac*, pour la chaîne de la Berra, se borne à mentionner les découvertes de *Ph. de la Harpe* et de *Doge* (45, p. 506). Dans son travail paléontologique, il identifie la *Num. Partschi*, DE LA HARPE, à la variété microsphérique de la *Num. gallensis*, HEIM.

En 1912, *P. Beck* mentionne au Ziegerhubel (E du Seelibühl) un grès contenant des Nummulites, des Orthophragmines, des Operculines, des Bryozoaires et de la résine fossile (46, p. 136).

Une nouvelle impulsion s'est manifestée avec la revision détaillée et le levé au 1 : 25,000 des régions de Flysch des Préalpes externes. Successivement on mentionne des Nummulites à divers endroits, mais toujours de façon sporadique. J'ai mentionné auparavant (p. 15) les déterminations de *Arn. Heim* des Nummulites communes dans les roches fossilifères de la Chablex. Dans les «Nachträge» de la «Geologie der Schweiz», *Alb. Heim* signale le fait que *H. Huber* et d'autres géologues ont trouvé des Nummulites dans le Flysch du Lac Noir (58, p. 996). Encore en 1922, *E. Gerber* parle comme d'une trouvaille due au hasard de la découverte de Nummulites dans le Grès du Gurnigel (73, p. 413).

Le mémoire préliminaire de *E. Gagnebin* sur les Préalpes bordières entre Montreux et Semsales marque un nouveau progrès (81). Dans la masse principale de Flysch, 3 espèces sont mentionnées : *Num. striatus*, *Num. Partschi*, *Assilina exponens*. Les divisions inférieures du Flysch de la Veveyse contiennent également des fossiles qui en déterminent l'âge.

Au Gurnigel, *E. Gerber* n'a découvert aucune trace de roche nummulitique, si ce n'est quelques débris sur le flanc oriental (Ziegerhubel) (86). Mais en marge de son territoire, vers l'W, il mentionne la trouvaille par *P. Bieri* de grès grossier à Nummulites dans lesquelles *Arn. Heim* a reconnu des *Assilines* et peut-être *Num. Partschi*.

Dans ma note de 1925 sur la géologie de la Berra, j'ai brièvement décrit les principaux niveaux nummulitiques (87).

2° Nature des roches nummulitiques.

Le Grès du Gurnigel est essentiellement détritique. Le calcaire nummulitique ainsi que toutes les roches franchement zoogènes y font totalement défaut. Seules quelques roches rappellent de très loin certains calcaires construits à éléments détritiques surajoutés; ce sont les grès à Lithothamnies (Hellstätt) toujours très pauvres en Nummulites proprement dites et certains grès à Orthophragmines. Mais d'une façon presque exclusive, les Nummulites sont localisées dans les grès et les roches détritiques similaires, brèches et arkoses. Les schistes, ni les marnes n'en contiennent; j'ai toutefois trouvé quelques rares exemplaires perdus dans des marnes verdâtres entrelardant les bancs de grès.

Leur répartition dans les grès eux-mêmes montre de manière encore plus nette le milieu franchement détritique dans lequel on les découvre. C'est ainsi qu'on ne les observe presque jamais dans les grès fins; en tous cas, ce n'est qu'après de patientes recherches que j'en ai récolté l'une ou l'autre dans un banc affleurant dans le R. de la Paradisa (N du chalet Paradisa), puis au Kapberg (à l'E de Ob. Reschera, exactement au N du *a* de Reschera). Les grès moyens n'en contiennent guère non plus. Les véritables roches à Nummulites sont les grès grossiers et bréchoïdes ainsi que les petites brèches. Les Nummulites apparaissent communément aussi dans les arkoses et les brèches granitiques.

Un autre fait à signaler et qui souffre peu d'exceptions, c'est que la taille des Nummulites est d'autant plus grande que la roche est plus grossière. Dans les grès moyennement grossiers, elles ne dépassent guère 4 mm. de diamètre; mais elles peuvent devenir extrêmement abondantes et cribler véritablement la roche. Dans les grès bréchoïdes elles atteignent assez facilement 8 à 10 mm. Dans les petites brèches j'ai recueilli quelques individus mesurant 25 à 30 mm. de diamètre. C'est cependant rare et n'est souvent pas de grand profit, car ces grandes espèces sont toujours en très mauvais état, généralement brisées. La relation qui s'établit entre la grossièreté de la roche et la grandeur des Nummulites s'accuse dans la remarque suivante; il suffit qu'à la surface de grès fins, même très fins, apparaissent quelques cailloux un peu plus grossiers pour y découvrir à leur côté des Nummulites de 5 à 10 mm.

Un milieu aussi fortement détritique n'est pas favorable à la conservation de ces petits fossiles. Il faut chercher souvent longtemps pour recueillir des individus déterminables; les mieux conservés sont habituellement de petite taille, circonstance défavorable pour la détermination spécifique de ces organismes. En outre, des transformations secondaires ont très souvent modifié et altéré leur structure primaire: c'est généralement une silicification très avancée, ou quelquefois une substitution par des produits de décomposition des éléments feldspathiques. Parfois également la glauconie s'est substituée au calcaire; cette épigénisation est plutôt un avantage pour ce qui concerne la détermination.

3° Principaux niveaux nummulitiques.

Bien qu'avec la carte géologique on puisse retrouver sans difficulté ces niveaux, j'ai jugé qu'il n'était pas inutile d'en préciser par une courte description la position et les particularités qui peuvent être propres à certains d'entre eux. D'ailleurs, ces niveaux ne sont pas partout également riches en fossiles.

Versant externe de la Berra et du Cousimbert. Ce versant est incontestablement celui où le Grès du Gurnigel est le moins fourni en fossiles. Dans l'impossibilité de décrire un niveau continu, je me contenterai de signaler quelques gisements.

1° En dessus du chalet de Montagnetta, dans un grès moyen (les Nummulites y sont plutôt rares).

2° En dessous de Cousimbert à Remy, au bas du versant boisé, dans une zone ravinée qui domine un petit marécage; il s'agit ici d'un banc de grès à Orthophragmines qu'on peut suivre sur un certain espace vers la courbe de niveau 1450.

3° Au S de la Joux, au-dessus de l'affleurement de Wildflysch du R. des Roches: puissante assise de brèche granitique avec de nombreuses Nummulites.

4° A la Pierre des Autels, E du P. 1532: grès à Orthophragmines et à Bryozoaires.

5° Au Muschenegg, entre le P. 1274 et la Gypsfluh, au-dessus d'un petit sentier non cartographié qui passe approximativement au-dessus du mot Gypsfluh: c'est un banc épais de grès assez grossier, à feuillets charbonneux et avec des intercalations d'argilite verdâtre. Les Nummulites sont petites, moins communes que les Orthophragmines, les Bryozoaires et les Lithothamnies.

Il doit certainement exister d'autres gisements que je ne suis pas parvenu à retrouver. Soit au bas du Creux des Pierres, mais surtout parmi les débris entraînés par les torrents de la région du Burgerwald, j'ai reconnu de fréquents blocs de grès nummulitiques (par exemple dans le R. des Pillons), roches qui proviennent évidemment du versant externe. On observe pareillement d'énormes blocs de grès à Lithothamnies dont l'emplacement exact m'a échappé (vraisemblablement au N de Rapposeraux si l'on en juge à l'abondance des débris de ce genre).

Versants internes de la Berra et du Cousimbert. Dans les ravins situés au S de la Gypsfluh, au NW de la Giger, quelques bancs contiennent à côté de Nummulites de mauvais débris de Bivalves (Cardium?). Entre le chalet du Gros Cousimbert et le sommet 1635, des grès-arkoses qui constituent partiellement la série de petites buttes de la crête contiennent quelques fossiles; au N de Cousimbert-sommet, en dessous du P. 1596, il y a un banc de grès-arkose qui passe latéralement à la brèche cristalline et dans lequel les Nummulites, quoique de petite taille, sont déjà plus fréquentes. Il faut une certaine habitude pour reconnaître ces fossiles directement à l'E du sommet de la Berra, à environ 100 m. en dessous du sommet lui-même.

Si l'on suit la large crête gazonnée qui va du sommet 1723 vers Hauta Schiaz, on arrive bientôt au-dessus du cirque des Vez. A partir du P. 1652 vers l'E, 5 petits ravins étroits, hauts de 40 à 50 m., sont séparés par des éperons peu prononcés. C'est dans les 2 derniers ravins où naît la branche orientale du R. des Filistorfenaz qu'affleurent les bancs de brèches feldspathiques définies précédemment (p. 50 et 51). Parmi les très nombreux fossiles que contiennent ces roches, j'ai récolté des Nummulites de plus de 20 mm. de diamètre ainsi que de grandes Assilines. C'est l'un des plus beaux gisements de Nummulites de toute la chaîne de la Berra. Les brèches se répartissent en plusieurs assises de 80 cm. à 1 m, séparées les unes des autres par des bancs de grès fin.

Plus à l'E, dans les escarpements qui dominent le Creux d'Enfer, les grès nummulitiques font défaut. Mais quelques assises fossilifères apparaissent au NW de la Potzena. Sur l'arête de Torry, entre le R. des Filistorfènes et la Gérine, quelques bancs affleurent dans le ravin 1548; puis un niveau bien évident passe par Sapalles. Enfin un peu au-dessous de Hauta Schiaz d'en Haut, sur le versant de la Gérine, émergent quelques bancs isolés.

Région Kapberg-Stockberg. Ce massif au modelé extrêmement mou, aux affleurements limités à quelques ravins serait d'un intérêt bien maigre n'était la présence d'un certain nombre de bancs fossilifères qui apparaissent vers les hauts de la croupe. Voici les principaux d'entre eux.

1° Un premier niveau, discontinu, part de Tature (1287 m) et passe légèrement en dessous du chemin qui va du chalet précité au Gr. Besingerhubel.

2° Série nummulitique du P. 1411 vers le chalet Parabock.

3° Un peu en arrière du chalet 1436, là où la carte indique 2 petits ravins; c'est particulièrement dans le premier ravin que l'on voit des grès grossiers et des petites brèches à Nummulites alternant avec des grès fins et des lits de marnes et de calcaires marneux; les Nummulites atteignent jusqu'à 30 mm. et celles de 10 mm. sont communes. Ces bancs se poursuivent assez loin vers le NE.

4° Niveau fossilifère du Stockberg, du P. 1516 vers le N-NE.

Versant occidental du Schweinsberg. Le Schweinsberg l'emporte largement sur les autres régions de la Berra par la fréquence des roches nummulitiques. Nulle part les niveaux ne sont aussi nets et aussi constants. Ces roches sont si communes qu'il paraît étonnant que personne ne les ait jamais signalées.

Un banc très riche en Nummulites est bien visible derrière le chalet Poffetsrain. D'autres bancs émergent dans la zone un peu marécageuse située au NW du chalet Schweinsberg (1524 m.). Ces bancs ainsi que ceux de Poffetsrain se poursuivent jusque vers le kar du Grosser Schweinsberg.

Un magnifique niveau est celui qui débute au coude du Höllbach, au P. 1203. Constitué par une série de bancs puissants, tous très fournis en Nummulites, il détermine la première chute en aval du point précité, puis se poursuit jusqu'au chalet 1524 en formant une petite paroi rocheuse et boisée, très en relief au milieu des pâturages. Sur la rive gauche du Höllbach, la forêt extrêmement dense rend difficile le levé cartographique de ce niveau.

A partir du P. 1203, que l'on suive le cours du Höllbach ou le chemin forestier qui passe au-dessus des grands ravins du Höllbach, ou qu'on monte directement ces ravins, on coupe à plusieurs reprises des assises de grès et de brèches à Nummulites. Dans cette région de ravinement intense et de forêts touffues, la difficulté est moins de reconnaître ces bancs fossilifères que de les suivre sur un certain espace. Des traînées de bancs s'aperçoivent enfin entre Schmutzli et le P. 1501 ; il est malaisé de préciser leur extension que j'ai indiquée un peu schématiquement sur ma carte.

Hauteurs du Schweinsberg. De beaux gisements à Nummulites couronnent les hauteurs mêmes du Schweinsberg. Déjà de nombreux débris couverts de ces organismes gisent à l'W de Blösch, au-dessus de la forêt, mais le banc fossilifère n'affleure pas. Les nombreuses assises de roches nummulitiques qui avoisinent le sommet du Schweinsberg sont très probablement en relation directe avec les niveaux du Höllbach qu'ils semblent prolonger ; les débris et la végétation les séparent sur de trop grands espaces cependant et c'est pourquoi je n'ai indiqué sur ma carte que les segments visibles. Les niveaux principaux sont les suivants :

1° la petite butte à côté de l'hôtel, culminant au P. 1610, est constituée de plusieurs bancs très riches en Nummulites souvent fort belles ;

2° nombreuses assises de grès et de brèches à grandes Nummulites au-dessus du cirque du Schweinsberg, immédiatement en dessous du P. 1642.

Les affleurements qui suivent ont une extension plus limitée :

3° au S du P. 1642, vers les courbes 1560 à 1580 ; il s'agit ici de grès moyens très durs, entièrement criblés de Nummulites et plus encore d'Orthophragmines ;

4° des brèches et des grès grossiers derrière le chalet Hinterer Hoher Schweinsberg ;

5° au S de Hapfern-Schweinsberg et jusqu'en dessous du P. 1594.

Versant oriental du Schweinsberg et région du Lac Noir.

Au N de Sittenberg (E du Grosser Schweinsberg), de nombreux bancs de roches nummulitiques sont dispersés confusément dans un secteur boisé et ne paraissent guère être en place ; toutefois ils sont fréquents et on ne saurait trop d'où les faire provenir ; mais le fait qu'ils sont sans cohésion aucune les uns par rapport aux autres rend très incertaine la limite entre le sol rocheux et le terrain glaciaire du Seitenbach.

Je mentionne ici le banc à Nummulites qui domine la route du Lac Noir au-dessus du P. 997 ; c'est une brèche très bigarrée dont les parties moins grossières contiennent quantité d'Orthophragmines.

Au N du Rothenbach, derrière le chalet Schwändi (1171 m.), parmi les éboulis très nombreux, on trouve d'énormes blocs de brèches à Nummulites. Ce sont les premières traces du niveau fossilifère principal de la Berra. Il s'agit d'un ensemble d'assises nummulitiques réparties dans une série grésomarneuse assez puissante. Il est généralement aisé de reconnaître les assises fossilifères dont la puissance dépasse souvent 2 m., ce qui les met bien en relief dans les escarpements. D'ailleurs, fréquemment, plusieurs bancs de roches à Nummulites se superposent directement et forment dans les versants uniformes de la montagne des petites parois rocheuses. Toutes les assises sont constituées par des roches assez grossières, grès bréchoïdes ou petites brèches toujours très riches en Nummulites.

C'est un niveau d'une grande importance puisqu'il est possible de le suivre sans grande interruption sur près de 6 km. Voici quelques détails à son sujet.

Si l'on suit le chemin passant au NW de Schwändi qui conduit à Stuckischwand, on coupe plusieurs de ces assises fossilifères très épaisses, surtout bien développées en dessous du chalet Stuckischwand, à la lisière de la forêt. Ces bancs se répètent pareillement dans l'escarpement rocheux du Rothenbach. Plus au S, l'adoucissement des pentes entre les chalets Schwand, Lägerli, Sahlvorsatz est cause de l'effacement momentané des horizons fossilifères. Mais à partir de Sahlvorsatz, les assises réapparaissent très distinctement ; un niveau supérieur occupe le haut du versant boisé dominant Schlössisbödeli et Kleiner Gügger pour aboutir près du P. 1556 ; un niveau inférieur longe le bas de ce ressaut boisé ; il est bien visible près du chalet 1248 et près de Schlössisbödeli.

A partir de la région du Lägerlilauenen, les niveaux nummulitiques peuvent être suivis sans presque aucune interruption. Un premier horizon passe en dessous du P. 1312, puis par les ravins du Lägerli; il affleure assez distinctement jusqu'au-dessus de Tierliberg. Un autre horizon plus puissant que le précédent part de l'W de Gross Gassera; interrompu par le grand glissement de terrain du Lägerlilauenen, il reprend au NW du P. 1206. Le ruisseau qui descend du Lägerliegg le coupe en formant une petite chute et plus à l'W, près de Oberer Vorsatz, il est bien apparent. Le R. de Tierliberg le franchit en cascade et de là il constitue la petite ligne de rochers que la carte nomme Zoretliegg. Débouchant à la limite des eaux Lac Noir-Valsainte, au S du P. 1630, il est encore possible de le suivre sur un certain espace dans la direction de Revers à Bongard; mais de 300 à 400 m. à l'E de ce chalet il se perd sous la végétation.

Au N comme au S de Zoretliegg j'ai également reconnu des roches nummulitiques; de ces roches dont l'extension latérale est limitée, je me borne à signaler celles qui affleurent dans le lit du R. de Tierliberg, en amont du P. 1249, approximativement là où le petit sentier qui conduit de la Zoretta à Gauglevorsatz traverse le ruisseau; il y a en cet endroit 3 bancs de grès grossier absolument couverts de Nummulites.

Une nouvelle série de roches à Nummulites constitue partiellement la hauteur 1455 qui fait suite au Thoosrain.

Région de la Valsainte. Je n'ai guère observé de roches nummulitiques dans cette région si ce n'est quelques bancs dans le R. des Féguelènes; vers le bas de ce ruisseau, quelques mètres au-dessus de la route Valsainte-Echelettes, il y a de nombreux blocs de brèches à Nummulites parmi les débris.

Des assises de grès et brèches fossilifères édifient en bonne partie le ressaut boisé qui s'étend de la Vère jusque sur la rive gauche du Javroz, à l'W du P. 1252.

Région d'Hellstätt. La paroi externe qui se dresse en face du pays molassique contient des assises nummulitiques qu'on observe, il faut le dire, plus facilement en débris dans le Braunwald qu'en place. Sur l'arête je les ai reconnues entre Martisgraben et Gustivorsass, notamment là où débouche le chemin forestier; ce sont essentiellement des grès à Orthophragmines. Ce niveau se poursuit très certainement tout le long de la Gebrannte Egg, car plus bas, un peu à l'E de la Singine, le chemin qui conduit de Schwarzenburgera à Martisgräbli le coupe également. Un autre horizon fossilifère constitué par des assises puissantes court tout le long de l'arête supérieure de Hellstätt; près de Obere Hellstätt et à Hellstättahnen il forme quelques petits rochers. Marqué sur la carte géologique comme niveau nummulitique, il y a lieu de préciser qu'il ne s'agit pas, dans le cas particulier, de roches à Nummulites proprement dites, mais, comme je l'ai signalé précédemment (p. 51), de grès et brèches à Lithothamnies dans lesquels les Orthophragmines sont communes, alors que les Nummulites y sont fort rares. Ce niveau se poursuit vers l'E dans la direction de la Pfeife, vers l'W vers la Singine, mais il est difficile de le suivre, car il est en partie perdu dans les éboulis. Entre Unterste Seite et Egli, il y a une sorte de brèche cristalline riche en Lithothamnies ainsi que des grès à Nummulites et Orthophragmines. Voici encore quelques affleurements:

- 1° une petite brèche nummulitique à l'W de Wydenvorsass;
- 2° des grès à Orthophragmines au S de Kunzli-Moos (probablement éboulés);
- 3° des grès à Lithothamnies entre Sangernboden et Untere Burg, au bord de la route.

Région de l'Ettenberg. L'Ettenberg, que la Singine chaude a séparé du Schweinsberg, contient en abondance des roches à Nummulites; en débris on en trouve un peu partout. Mais tandis qu'au Schweinsberg on a l'avantage de pouvoir suivre les assises sur de longs espaces, à l'Ettenberg les affleurements sont si mauvais qu'à peine a-t-on découvert un banc fossilifère qu'on le voit disparaître sous la végétation et les débris. De ces bancs apparaissent au-dessus de Schmutzli, près de Nielenboden (1387m.), de part et d'autre de Im Stoss, etc., mais nulle part on ne peut indiquer un niveau bien précis. Il en est de même entre Glumpmoos et Bergschwand où l'on trouve abondamment des roches à Nummulites: tout ce versant oriental de la montagne est affecté de multiples tassements qui rendent vaine toute précision. Mais près de Gross Ettenberg (1542 m.) et autour des sommets 1607 et 1616 affleurent de façon

bien distincte des bancs épais accusant des directions assez variées. D'autres affleurements sont à signaler: a) près de Jeundlena, b) au S de Benewilera, c) au N de St. Urserenvorsatz où il y a un beau niveau sur la crête, d) sur le versant W, de part et d'autre de Metzgerli.

Au fond du Muscherenschlund, le Kählenegg contient une quantité d'horizons très riches en Nummulites qu'il est aisé de suivre. Des assises bien visibles apparaissent derrière le chalet de Muhrenstock, d'autres, assez puissantes, sont coupées par la route en face de Unter Hundsbühl. Des niveaux passent par les hauteurs mêmes du Kählenegg, et par les versants méridionaux; à Obere Kähle, les bancs sont plus ou moins disloqués, mais très riches en Nummulites.

Je n'ai pas découvert de Nummulites au Hohberg même; en revanche, de fréquents blocs de brèches nummulitiques parsèment la zone de débris qui s'étend de cette hauteur vers le Lac Noir (par exemple à l'W et au S de Längmoos). Enfin des bancs fossilifères affleurent au haut du monticule qui se dresse à l'E de la Kaspera, à peu de distance de la route du Lac Noir.

4° Foraminifères macroscopiques.

Voici la liste des Foraminifères macroscopiques découverts dans le Grès du Gurnigel. J'y joins quelques noms de gisements pour chaque espèce, ce qui ne veut nullement signifier que ces espèces ne se retrouvent pas ailleurs, mais pour montrer que telle ou telle espèce n'occupe pas un niveau déterminé.

Num. complanatus, LAM. (*N. millecaput*, BOUBÉE, selon Boussac) (SE du sommet de la Berra, Kapberg, 1436).

Num. irregularis, DESHAYES (Lägerlilauenen, Bigitoz, Zorretliegg, etc.).

Num. distans, DESHAYES (Rothenbach, Plasselschlund [en débris], Tierliberg).

Num. Murchisoni, BRUNNER (Grättli [Mischerenschlund], Bigitoz, Schweinsberg, N du chalet 1524).

Num. atacicus, LEYM. (Sapalles, Bigitoz, Zorretliegg).

Num. striatus, BRUG. (Lägerlilauenen, Schweinsberg, NW du P. 1642, Gipsfluh, Zorretliegg, Höllbach).

Num. Partschi, DE LA HARPE (variété A de la Harpe; *Num. Oosteri*, DE LA HARPE, B: *Num. gallensis*, HEIM).

Num. perforatus, DENIS DE MONTFORT (*Num. uroniensis* suivant Arn. Heim) (Schweinsberg, N du P. 1642).

Assilina exponens, SOW. (Zorretliegg, Rothenbach, Thoosrain, Gissetaz).

Assilina granulosa, D'ARCH. (*A. exponens* d'après Boussac) (Bigitoz, Rothenbach).

Orthophragmina (Discocyclina) discus, RÜT.

O. (Discocyclina) Pratti, MICH.

O. (Discocyclina) Marthae, SCHLUMB.

O. (Discocyclina), diverses espèces difficilement déterminables.

O. (Asterodiscus), sp. indet.

Operculina, sp. indet.

Bien que j'aie récolté plusieurs centaines d'échantillons, je n'ai pu, en fin de compte, utiliser qu'un nombre restreint d'individus. J'ai déjà insisté auparavant sur la difficulté de détermination de ces fossiles qui gisent dans un milieu bien peu favorable à leur conservation. Comme le fait remarquer H. Douvillé, «les Nummulites représentent un type très plastique sur lequel le milieu ambiant aura une influence dominante». C'est surtout la petitesse des individus qui rend compliqué le travail de détermination.

La *Num. complanatus* est la seule Nummulite de grande taille; relativement rare, elle est bien précieuse là où on la découvre.

Les autres «grandes Nummulites» du groupe de la *N. Murchisoni* (*N. distans* et *irregularis*) n'ont pas, à la Berra, une taille très considérable; mais le caractère des cloisons permet assez aisément un diagnostic précis.

La *Num. atacicus* est commune, la *N. striatus* déjà moins.

La *Num. Partschi*, notamment la variété mégasphérique, l'emporte largement sur les autres espèces; on l'observe en somme un peu partout. Facile à reconnaître à sa surface toujours fortement granulée, elle offre déjà plus de difficultés lorsqu'on n'a que la coupe équatoriale, car le caractère des cloisons est malgré tout assez variable.

La *Num. laevigatus* est vraisemblablement représentée à la Berra; toutefois, les exemplaires que je possède ne sont pas suffisants pour l'affirmer pleinement.

Les *Assilines*, de même que les *Operculines*, apparaissent sporadiquement. Par contre, les *Ortho-phragmines* sont très répandues; je n'ai mentionné que quelques espèces très communes; il en est d'autres, assez spéciales, dont la détermination mériterait une étude particulière qui n'a pas de place ici.

A cette liste de Foraminifères macroscopique on pourrait joindre une liste d'organismes microscopiques, *Globigérines*, *Lagena*, etc. Je n'ai pas insisté sur ces fossiles dépourvus de valeur stratigraphique.

Mais la faune de Nummulites comprend suffisamment d'espèces pour donner un âge précis au complexe du Grès du Gurnigel. Si l'on s'en rapporte aux échelles établies par *J. Boussac* et *H. Douvillé* et qui fournissent, en dépit de certains travaux, la base fondamentale, il faut dater le Grès du Gurnigel du *Lutétien* et de l'*Auversien*. Le Grès du Gurnigel commence certainement avec le *Lutétien* supérieur. L'*Auversien*, d'ailleurs guère différencié en tant qu'étage du *Lutétien*, paraît y être compris en entier. Reste à savoir si le *Flysch* de la Berra renferme également le *Bartonien* et le *Ludien*; mes recherches à la Berra ne m'ont rien fourni à ce sujet.

5° Autres organismes fossiles.

Bryozoaires. Ces organismes sont extrêmement fréquents dans certaines assises du Grès du Gurnigel, si bien qu'ils arrivent à les caractériser. Je n'ai pas soumis ces roches, qui contiennent une grande variété de genres et d'espèces, à une étude paléontologique spéciale, car la valeur stratigraphique proprement dite de ces Bryozoaires est plutôt restreinte et les *Ortho-phragmines* qui les accompagnent m'ont suffi pour la détermination d'âge des assises. J'ai mentionné auparavant les principaux gisements des roches contenant ces fossiles (p. 51).

Bivalves. Les débris de Bivalves sont assez fréquents dans les grès grossiers et bréchoïdes mais toujours en si mauvais état qu'aucune détermination n'est possible. On reconnaît toutefois quelques petites *Ostrea*.

Dents de poissons. Ces restes organiques sont plutôt rares. J'en ai trouvé sur des roches nummulitiques aux endroits suivants:

- 1° dans les brèches à Nummulites, à l'W du sommet du Schweinsberg;
- 2° dans un galet trouvé dans le lit du Höllbach, près du P. 1203;
- 3° dans le banc de grès à Bryozoaires du Zollhaus;
- 4° dans les grès à Bryozoaires, au bord de la Gérine, au P. 958;
- 5° dans les grès à Nummulites du Lägerlilauen (Lac Noir);
- 6° dans des grès nummulitiques au-dessus de Kleiner Gugger.

On s'est demandé si les dents de poissons trouvées dans le *Flysch* ne provenaient pas du remaniement de terrains fossilifères pré-existants. L'état de fraîcheur des échantillons récoltés n'autorise guère cette interprétation.

H. Schardt a déjà fait mention de dents de poissons découvertes dans le *Flysch* de la Veveyse (22, p. 179). Le même auteur en signale dans les grès du Chaussy et du Chamossaire (12, p. 31).

Algues marines. Très fréquentes dans le *Flysch* de la Berra, les algues marines ont été pendant longtemps les seuls organismes qu'on y ait mentionnés. *Fischer-Ooster* avait déjà désigné du nom de «*Fukoidenflysch*» le niveau sous-jacent au *Flysch* du Gurnigel. Ces algues sont certes plus communes dans le *Wildflysch* mais ne manquent nullement dans le Grès du Gurnigel.

Gilliéron en a cité une longue liste que je reproduis à peu près telle quelle: je n'ai guère de noms à ajouter ou à retrancher, n'ayant apporté qu'une attention assez faible à ces organismes. Comme le fait justement remarquer A. Jeannet (61, p. 662), les Fucoides, du fait qu'on en trouve un peu partout, ne présentent qu'un intérêt secondaire, à moins qu'on ne veuille en faire l'objet d'une étude spéciale. Leur valeur stratigraphique est très mince et il suffit le plus souvent de constater leur présence sans qu'il soit nécessaire de déterminer les espèces observées; en réalité, les Fucoides sont caractéristiques d'un faciès et c'est tout. Il est toutefois l'une ou l'autre de ces algues qui semblent moins communes, par exemple l'*Hormosira monoliformis*, et qui sont limitées peut-être à un niveau donné. Malheureusement aucune étude paléontologique un peu complète et pas trop ancienne n'a paru sur ces organismes, leur classification très incertaine n'est que provisoire, leurs caractéristiques sont mal définies et fréquemment leur véritable nature encore très controversée.

E. Gerber a récemment décrit avec passablement de détails les algues recueillies dans la région du Gurnigel; il a localisé certaines d'entre elles dans des complexes déterminés (86, p. 23 à 26).

Pour en venir à la liste donnée par Gilliéron, il faut remarquer qu'une partie seule des déterminations s'applique réellement à des algues; l'autre partie concerne des traces de pistes de vers ou d'autres organismes limnivores.

Voici la liste des organismes:

- Chondrites (Phycopsis) affinis*, BRONG.
- Chondrites (Phycopsis) inclinatus*, BRONG.
- Chondrites (Phycopsis) Targioni genuinus*, BRONG.
- Chondrites (Phycopsis) Targioni arbuscula*, FISCHER-OOSTER.
- Chondrites (Phycopsis) Targioni longipes*, FISCHER-OOSTER.
- Chondrites (Phycopsis) intricatus genuinus*, BRONG.
- Chondrites (Phycopsis) intricatus Fischeri*, HEER.
- Caulerpa*.
- Hormosira monoliformis*, HEER.
- Taonurus Flebelliformis*, FISCHER-OOSTER.
- Halymenites*.
- Cylindrites montana*, HEER.
- Taenidium Fischeri*, HEER.
- Caulinities friburgensis*, HEER.
- Caulinities crassus*, HEER.

Il faut ajouter à cette liste des *Zoophycos* (*Cancellophycus*) dont j'ai recueilli quelques exemplaires.

Ces algues apparaissent particulièrement nombreuses et bien conservées sur les schistes, les marnes feuilletées et certains grès marneux. Elles sont rares sur les grès.

Les autres impressions problématiques que Maillard a déjà séparées des algues (14) parce que constituées de la même matière que la roche qui les contient apparaissent presque exclusivement sur les grès fins et durs. Elles y forment tantôt des cordons saillants, cylindriques, plus ou moins épais, se bifurquant en plusieurs rameaux indépendants ou s'anastomosant entre eux, tantôt des sillons sinueux, plus ou moins larges et assez irréguliers.

Les types suivants indiqués par Gilliéron appartiennent à cette catégorie:

- | | |
|---|---|
| <i>Münsteria flagellaris</i> , STEINB.? | <i>Helminthoidea taenita</i> , KAUFMANN. |
| <i>Münsteria Hoessi</i> , STEINB. | <i>Helminthoidea appendica</i> , HEER. |
| <i>Münsteria bicornis</i> , STEINB. | <i>Helminthoidea labyrinthica</i> , HEER. |
| <i>Paleodictyon singulare</i> , HEER. | <i>Helminthoidea Crassa</i> , SCHAFL. |

Gilliéron ne cite que les 2 premières espèces d'*Helminthoïdes*; les 2 suivantes me paraissent cependant plus fréquentes, car tous les individus que j'ai trouvés appartiennent à ces dernières. Contrairement aux autres types d'impressions, les *Helminthoïdes* sont surtout communs sur les grès marneux.

J'ai déjà mentionné l'abondance considérable d'algues et surtout d'impressions en demi-relief là où affleurent des roches à Bryozoaires. A côté des *Münsteria* on observe en quantité considérable

des Helminthopsis divers et des pistes de vers semblables à celles décrites par exemple par *O. Heer* dans certains schistes du Prättigau (schistes de Ganey) et dont quelques types sont figurés dans l'ouvrage de *Heer* et dans l'étude précédemment mentionnée de Maillard (14).

A quelques endroits j'ai récolté des échantillons montrant des perforations assez curieuses. Dans un grès fin, on remarque une sorte de tube assez long, très régulier, un peu aplati, large de 1 à 2 cm., constitué par du grès plutôt grossier dans lequel on reconnaît aisément les composants : en plus de petits grains de quartz et de calcaire, on distingue plusieurs petites Nummulites. Il est probable qu'il s'agit ici de galeries creusées par des vers et remplies ensuite par des coulées de grès de nature différente de celle de la roche perforée.

Résine fossile.

Historique. Le premier, je crois, qui ait mentionné la résine fossile dans le Flysch des Préalpes externes est *Alph. Favre* (4, p. 51); il rapporte qu'on a signalé la présence de fragments d'ambre dans le grès des Allinges, près de Thonon en Savoie. C'est là le gisement le plus connu et le plus abondant du Flysch de la zone externe. *A. Favre* avait rangé très justement les grès des Allinges dans l'Eocène. Plus tard, *Douxami* qui mentionne cette résine des Allinges hésite quant à l'âge du grès qui la contient, cette roche rappelant autant la Molasse que le Flysch.

B. Studer, vers 1830, en trouve un fragment dans la région du Gurnigel (2, p. 372). *V. Gilliéron* à son tour en recueille des morceaux dans la même région, dans le Schwarzwassergraben, puis à la jonction des 2 Singines, c'est-à-dire au Zollhaus (10, p. 208).

Depuis lors, ce dernier endroit a été mentionné par une quantité d'auteurs.

R. de Girard le signale à *Arn. Heim* en précisant que l'on n'a pas affaire à de l'ambre véritable mais à une variété de résine fossile qui rappelle celle des Allinges (29, p. 188). C'est aussi l'opinion de *A. Balzer* dans une courte communication parue en 1910 ¹⁾. En 1911, *D. Dillenius* étudie à nouveau cette résine.

En 1912, *P. Beck* fait mention de résine fossile au Ziegerhubel (Gurnigel) (46, p. 136).

L. Rollier faisant allusion à cette résine et à celle des Allinges range les grès qui les contiennent, je ne sais pourquoi, dans la Molasse oligocène (59, p. 14).

Dans son travail sur le Gurnigel, *E. Gerber* donne à son tour quelques détails sur ce fameux gisement et les résultats provisoires d'une étude chimique due au Prof. Tschirch de Berne (86, p. 23).

En dehors de la zone Voirons-Gurnigel on n'a guère cité dans les Alpes jusqu'à aujourd'hui des inclusions de résine. Cependant *Arn. Heim* en signale dans le Flybach (N. de Weesen) dans un calcaire nummulitique rouge.

Je rappelle ici à titre de comparaison la présence en petite quantité de résine fossile dans les charbons feuilletés quaternaires de Uznach. La résine se trouve le plus souvent à l'intérieur ou sur des fragments de bois de conifères. Ce gisement a été récemment décrit en détail par *A. Jeannet* ²⁾.

Gisement du Zollhaus. Cette carrière, appelée aussi carrière du Landbrück, est largement ouverte sur la route cantonale; la résine est visible à l'extrémité SE de la carrière. Sur une épaisseur de 1 m. environ on voit quelques bancs de grès dur et fin de 2 à 10 cm. de puissance, associés à des schistes gréseux à débris charbonneux abondants. C'est à la surface bosselée des grès durs et dans les délits séparant les schistes gréseux, plus rarement à l'intérieur des schistes eux-mêmes qu'apparaissent les inclusions de résine. Certains de ces schistes montrent à leur surface des traces de Fucoïdes, d'autres contiennent quelques feuillets très minces de lignite.

La résine forme une croûte qui n'a guère plus de 1 cm. d'épaisseur mais qui peut s'étendre sur plusieurs centimètres de surface. Très fragile, elle se brise au moindre choc en menus morceaux ou se réduit en une fine poussière. Elle est de couleur brune, à reflets verdâtres, transparente; quelques fragments sont jaune clair, d'autres de teinte plus sombre, rouge-brun ou rouge foncé; la résine devient alors translucide ou opaque. On m'a signalé que cette variété foncée apparaissait autrefois sur des bancs

¹⁾ *A. Balzer*. Einschlüsse von Harz. Verhandl. Schweiz. Natf. Ges. Basel 1910, p. 227.

²⁾ Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. zur Geol. der Schweiz, geotechnische Serie, VIII. Lief., 1923, p. 312.

situés à une petite distance du gisement actuel; mais je n'ai pu vérifier le fait, l'endroit que l'on m'a indiqué étant actuellement recouvert de débris.

Quoiqu'ayant récolté d'assez grande quantité de résine, je n'y ai jamais aperçu une inclusion quelconque.

Je profite pour mentionner ici quelques inclusions charbonneuses, d'ailleurs très minimes. Généralement il s'agit de petits lits d'un lignite brillant dont l'épaisseur ne dépasse guère 1 à 2 cm. On en observe à de nombreux endroits.

Fossiles remaniés.

J'ai déjà signalé la trouvaille de Bélemnites dans les brèches du Wildflysch. J'en ai également trouvé à 2 reprises dans le Grès du Gurnigel. Sur l'échantillon récolté à l'W du sommet du Schweinsberg et qui contient une dent de poisson et des Nummulites se trouvait également un fragment de Bélemnite. J'ai trouvé un deuxième fragment dans le Rothenbach, vers 1200 m., renfermé dans une brèche assez grossière à Nummulites.

Une Ecerine trouvée dans des grès près de Poffetsvorsatz, dans le Plasselbschlund, est très probablement aussi remaniée.

Caractère général de la sédimentation.

La puissance du Flysch de la Berra est très considérable. *H. Schardt* l'a estimée à 1500 m. environ. Il est évidemment bien difficile sinon impossible d'avancer un chiffre tant soit peu précis. On ne connaît ni la base, ni le sommet du Flysch et d'ailleurs jamais on n'a affaire à des séries très complètes ou très constantes. Il faut en outre tenir compte des inévitables répétitions de couches dues à des imbrications et des chevauchements répétés. De ce fait, les chiffres donnés sont sujet à une marge considérable. Mais il ne me paraît pas exagéré d'attribuer au Flysch de la Berra une épaisseur de 2500 à 3000 m. Peut-être ce dernier chiffre ne représente-t-il encore qu'un minimum.

Pris dans son ensemble, ce Flysch rentre bien dans le type de sédimentation auquel *P. Arbenz* a donné le nom de sédimentation orogène. C'est donc encore un faciès de géosynclinal, non plus cependant d'un géosynclinal largement ouvert mais, comme l'expriment si justement *M. Lugeon* et *E. Argand*, d'un géosynclinal «en voie de fermeture». A une sédimentation essentiellement vaseuse et profonde ont succédé des apports détritiques de plus en plus abondants, à l'alternance des calcaires et des marnes a succédé celle des grès, des brèches et des marnes; encore ces marnes du Flysch n'impliquent-elles plus un régime aussi profond que les dépôts marneux des vrais géosynclinaux. Les fossiles y sont moins rares qu'on ne l'avait cru; toutefois, à part les grands Foraminifères, Nummulites et autres, il n'y a presque aucun autre organisme; les Mollusques, en particulier, y font presque entièrement défaut.

Substituons à cette première représentation des conditions générales de la sédimentation du Flysch une image plus détaillée et peut-être plus profitable. Considérons le Wildflysch et le Grès du Gurnigel dans ce qu'ils ont de plus caractéristique. Au Wildflysch se rattache une sédimentation extrêmement troublée, liée incontestablement à une phase orogénique appréciable. L'étrange mélange de schistes argileux, de calcaires à Globigérines, de brèches gigantesques, de grès, de blocs exotiques ne s'explique que par une instabilité constante du bord du géosynclinal. On imagine une ligne de rivage extrêmement irrégulière avec des falaises abruptes dominant des fonds marins d'une assez grande profondeur; comment expliquer autrement l'existence de brèches de rivage mêlées à des schistes d'un caractère bathyal ou à peu près. Des éboulements accumulent sur un point donné ou le long d'un certain espace des blocs de granite, ailleurs des blocs de Malm (Kloster, Ladengrat). Ailleurs des apports torrentiels offrent une accumulation de matériaux moins volumineuse, mais combien plus variée (Sus Cressin). Des Lithothamnies auxquelles s'associe toujours une faune abondante de Nummulites et d'Orthophragmines édifient des sortes de récifs à la marge même du littoral si bien qu'ils se chargent d'éléments détritiques grossiers. Il semble d'ailleurs que seules des portions très limitées du front des anticlinaux émergent ici et là et pour un temps très court.

Combien plus tranquille est la sédimentation du Grès du Gurnigel. On perçoit une période de rémission dans la poussée tangentielle. Indéfiniment, sur des centaines de mètres, les bancs de grès fins ou grossiers, de petites brèches alternent avec les lits de marnes : plus de brèches grossières, plus de calcaires franchement zoogènes, calcaires à Globigérines ou à Lithothamnies. On se représente une érosion plus ordonnée s'exerçant sur des rides mieux figées et moins irrégulières. S'il est difficile de définir la sédimentation du Wildflysch, celle du Grès du Gurnigel est nettement celle d'une avant-fosse. La sédimentation de la Molasse, en particulier du Grès de Vulruz et de la Guiga, est une récurrence du même phénomène.

Comparaisons.

Flysch des Préalpes médianes.

Le Flysch des Préalpes médianes est un complexe de grès et de schistes à Fucoïdes avec des interstratifications locales de brèches et de conglomérats. Il repose sur les Couches rouges sans lacune stratigraphique apparente, de sorte qu'il semblerait y avoir eu une sédimentation continue du Crétacé supérieur au Nummulitique. Ce Flysch est nettement distinct du Flysch de la Berra.

a) *Absence de Wildflysch.* Le Flysch des Préalpes médianes est un complexe unitaire dans lequel, jusqu'à présent, aucune subdivision sérieuse n'a pu être pratiquée. En tous cas, le Wildflysch y fait absolument défaut. C'est déjà là une différence essentielle.

b) *Différences pétrographiques.* Ce Flysch rappelle davantage le Grès du Gurnigel. Cette ressemblance n'est toutefois qu'apparente. S'il est assez difficile de distinguer les grès durs, à grain fin, du Flysch des Préalpes médianes de ceux, analogues, du Grès du Gurnigel, c'est au contraire relativement aisé lorsque les grès sont un peu grossiers à cause de l'absence des feldspaths rouges et des divers éléments cristallins si typiques du Grès du Gurnigel. Les brèches polygéniques font pareillement défaut. Les brèches et les conglomérats qui existent dans le Flysch du Simmental, ainsi que l'ont montré *Gilliéron* et *Rabowski* (65), sont constitués d'éléments calcaires ; *Gilliéron* fait bien remarquer « que les granites et les gneiss de la chaîne de la Berra manquent totalement dans cette zone » (10, p. 214).

c) *Différences paléontologiques.* Les algues, Fucoïdes et autres mises à part, le Flysch des Préalpes médianes est d'une grande stérilité. Toutefois, dans une récente monographie de la région du Vanil Noir, *W. à Wengen* signale la découverte de Nummulites (84, p. 38).

Flysch du Niesen.

En dépit de son énorme extension, le Flysch du Niesen n'a guère été étudié. On n'a, jusqu'à ce jour, de ce complexe important que des travaux fragmentaires et de peu d'envergure qui rendent une étude comparative difficile et peu concluante.

a) *Comparaison des niveaux.* *E. Gerber* et *P. Beck* ont distingué dans le Flysch du Niesen 2 parties, l'une supérieure, caractérisée par la prédominance des grès et des brèches dans lesquelles apparaissent quelques Nummulites (Nummulitenflysch) et une partie inférieure dans laquelle les schistes à Fucoïdes l'emportent sur les autres roches (Fukoidenflysch) (46, p. 85 à 90). Il y a donc une certaine analogie avec la succession rencontrée à la Berra, mais à laquelle il ne faudrait cependant pas trop se fier. Il est probable qu'une partie du niveau des schistes à Fucoïdes, à la base duquel s'insinuent des lames, équivaut au Wildflysch. Quant à la correspondance du niveau supérieur avec le Grès du Gurnigel, il est prudent, jusqu'à plus amples renseignements, de réserver son jugement.

b) *Relations pétrographiques.* Une des conclusions principales du travail de *Sarasin* était que le Flysch du Niesen est nettement distinct du Flysch de la Berra et d'Habkern à cause de différences pétrographiques (19, p. 97 à 98). Cette conclusion n'a pas été partagée par *H. Schardt* qui maintient l'identité des 2 zones de Flysch (22, p. 198). Seule une étude comparative complète nous fixera à cet égard. Cependant, en utilisant les descriptions pétrographiques de *Sarasin*, celles plus brèves de *Gerber* et *Beck*, de *Jeannet* (61, p. 665 à 666), en comparant d'autre part quelques échantillons, il me semble assez

fondé de conclure à une différence pétrographique des 2 complexes supérieurs, Grès du Niesen et Grès du Gurnigel. Sans entrer dans de longs détails, signalons dans le Niesen l'absence des granites rouges si typiques et si communs à la Berra, la fréquence au Niesen de roches dolomitiques et l'existence de bancs de calcaire compact.

c) *Relations paléontologiques.* Des trouvailles de Bélemnites et d'Inocérames ont pu momentanément égarer les géologues quant à l'âge du Flysch du Niesen. Il s'agit en réalité de fossiles remaniés ou originaires peut-être de lames mésozoïques incluses dans le Flysch: dans tous les cas ils ne sont d'aucune utilité dans la détermination de l'âge de ce complexe. Je ne crois guère non plus à un âge compréhensif: il est probable que le Flysch du Niesen appartient uniquement au Nummulitique. C'est ce que semble affirmer la présence de Nummulites dans les grès et les brèches. De tels fossiles ont été signalés par *Sarasin* et *Collet* dans la région des Ormonts, par *Paulke* au N du col du Pillon (37, p. 55), par *Gerber* et *Beck* au Niesen même (46, p. 86). Aucune détermination spécifique de ces Nummulites n'a malheureusement pu être faite.

Flysch des Préalpes internes.

Cette zone de Flysch a eu le désavantage d'avoir été fréquemment traitée avec le Flysch du Niesen; il n'est pas toujours facile de départir ce qui revient à l'un et à l'autre Flysch.

a) *Succession des niveaux.* Pour autant qu'on peut le déduire des descriptions, le Flysch des Préalpes internes se réduit à peu près au seul Wildflysch qui revêt alors une très grande importance. Il y a bien des séries plus franchement gréseuses, mais elles ne constituent pas un massif de grès proprement dit. Selon *A. Buxtorf*, le complexe des grès a existé, mais il a été séparé, au moins en partie, de sa base schisteuse par la masse chevauchante des Préalpes supérieures et charrié en avant d'elles. En d'autres termes, ce complexe n'est autre que le Grès du Gurnigel et le Grès des Schlieren (62).

b) *Relations pétrographiques et paléontologiques.* La communauté d'origine du Flysch des Préalpes internes avec celui des Préalpes externes s'affirme par une succession de ressemblances. Le Wildflysch avec ses brèches cristallines, ses calcaires à Globigérines, ses blocs exotiques de même nature que ceux de la Berra est bien le même que celui des Externes.

Pour la région d'Adelboden on a une bonne description du Flysch due à *E. Bernet*. Il y décrit des grès très analogues à ceux du Gurnigel, à feldspaths très frais et à Nummulites (31, p. 224). Dans la région de la Kander, *H. Adrian* a signalé l'analogie qu'ont des grès à particules charbonneuses du Flysch de la «Habkerndecke» avec les grès de la Berra (34, p. 311).

Flysch de la région d'Habkern et des Schlieren.

Des travaux nombreux et récents facilitent l'étude comparative.

a) *Succession stratigraphique.* Elle est la même qu'à la Berra; à la base, le Wildflysch supportant le complexe des Grès des Schlieren. *Kaufmann*, déjà, puis *A. Buxtorf*, *R. Schider*, *H. Mollet* y ont distingué un niveau intermédiaire, le «Schlierenmergel». Le dernier travail sur cette zone, celui de *L. Vonderschmitt*, ramène pour des raisons pratiques la succession aux 2 niveaux classiques. Qu'on l'introduise ou non, ce niveau intermédiaire marque un passage insensible du Wildflysch au Grès des Schlieren; c'est une légère différence vis-à-vis de la Berra où les 2 niveaux sont assez bien séparés, mais cela n'a rien d'essentiel.

Je n'insiste pas sur l'identité du Wildflysch de la Berra avec celui d'Habkern, car le fait me paraît suffisamment évident. Je m'arrête par contre un peu sur les relations du Grès du Gurnigel avec le Grès des Schlieren.

La description donnée par *Kaufmann* des Grès des Schlieren montre déjà de suite que les caractéristiques pétrographiques de ces grès correspondent à celles des Grès du Gurnigel (grès devenant facilement grossiers, débris de granite rose, aspect granitique des grès, etc. (11, p. 556). Il en est de même pour la description de *R. Schider* (49, p. 12). J'ai eu moi-même l'occasion de le constater dans la région d'Habkern.

Kaufmann a mentionné, il y a très longtemps déjà, des Nummulites dans le Grès des Schlieren, y déterminant une petite espèce, la *Num. variolaria*, Sow. *J. Boussac* en outre y a découvert des Orthophragmines (45, p. 518). *H. Mollet* signale quelques gisements précis (70, p. 41), mais les renseignements les plus intéressants sont dûs à *L. Vonderschmitt*. L'analogie des espèces qu'il cite avec celles connues dans le Grès du Gurnigel est frappante. *Vonderschmitt*, se basant sur la seule découverte de la *Num. Partschi* dans les Préalpes externes, le note déjà. Aujourd'hui, l'identité du Grès du Gurnigel et du Grès des Schlieren ne semble plus douteuse du tout.

Chapitre 2.

Tectonique.

I. Généralités.

Les premiers géologues qui se sont occupés de la Berra ne parlent guère de la structure de la chaîne et les quelques interprétations qu'ils en donnent ne concernent encore que les terrains mésozoïques enfouis dans le Flysch. C'est ainsi que *B. Studer* et d'autres géologues de son époque ont envisagé le versant externe de la Berra comme un anticlinal couché dans lequel le gypse eût formé le noyau, le Flysch sus-jacent le flanc supérieur.

V. Gillieron a tenté de retrouver à la Berra ce qu'il avait observé ailleurs, dans les Préalpes calcaires, une succession plus ou moins régulière d'anticlinaux et de synclinaux. Pour lui l'ensemble de la chaîne Berra-Cousimbert est un vaste synclinal affecté dans son intérieur de plissements secondaires. La présence des klippes mésozoïques l'incite également à voir, en ces pointements de roches plus anciennes que le Flysch, les traces de voûtes anticlinales réduites.

En réalité, les conditions tectoniques du Flysch de la Berra sont sensiblement autres que ne les avait envisagées *Gillieron*. Il y a en quelque sorte 2 tectoniques dans les Préalpes externes : celle des chaînons calcaires, Montsalvens ou zone mésozoïque de la Veveyse, et puis celle propre à cette masse énorme de terrains schisto-gréseux qui forment à eux seuls le gros des Préalpes externes. Ces deux tectoniques ne sont pas foncièrement opposées. Si les anticlinaux du Montsalvens n'ont guère d'analogie avec ce qu'on observe dans le Flysch, les plis imbriqués et la série d'écaillés qui caractérisent les Pléiades et les coupures des Veveyses de Châtel et de Feygire permettent un peu de prévoir ce que va nous offrir la Berra. On sait combien est ardue la tectonique des territoires mésozoïques de la Veveyse malgré la présence de niveaux stratigraphiques bien définis. La tectonique de la Berra est la tectonique du Flysch pour lui-même ; cela laisse pressentir bien des difficultés.

Les difficultés qui rendent presque indéchiffrable la tectonique de la Berra sont les suivantes :

1. *Défaut d'horizons stratigraphiques*. Des 2 divisions du Flysch, le Wildflysch et le Grès du Gurnigel, la première n'apparaît généralement qu'à quelques endroits privilégiés, presque uniquement en bordure de la chaîne. Le plus souvent on a affaire au seul Grès du Gurnigel dans lequel aucune subdivision n'est possible, si ce n'est à l'E de la Singine. Toutefois les niveaux de grès et de brèches à Nummulites qu'on suit parfois sur de longs espaces aident jusqu'à un certain point à la compréhension de la structure.

2^o *Rareté des affleurements sur les hauteurs*. Les affleurements sur les hauteurs sont rares et surtout très limités, car la végétation, les débris et plus bas les dépôts morainiques ne tardent pas à recouvrir la roche en place sur de larges surfaces. *B. Studer* écrivait à ce sujet, peut-être avec une légère exagération « ... und stundenlang kann man vergebens herumirren, bevor es gelingt, anstehendes Gestein zu finden » (2, p. 365).

3^o *Perturbations superficielles des couches*. Habituellement, les assises de grès qui émergent des pâturages sont accompagnées de schistes et de marnes ; il en résulte un glissement des bancs les uns sur les autres où, par suite du simple tassement du sol, les bancs sont dérangés de leur position primitive,

de sorte qu'il n'est plus possible d'observer direction ni pendage. Ce phénomène du balancement superficiel des couches se fait sentir un peu partout dans le Flysch. Il est extrêmement commun le long des berges des ruisseaux.

4^o *Plissements disharmoniques*. Dès qu'on a un peu erré dans le Flysch, on ne tarde pas à constater que la grande majorité des dislocations apparaît sitôt qu'aux bancs de grès sont associés abondamment des schistes marneux. Dans ce cas, les dislocations peuvent prendre une allure absolument désordonnée, mais qui disparaît ou s'atténue lorsque la nature des assises a varié.

5^o *Mouvements de descente* («Sackungserscheinungen»). Des portions considérables de terrains peuvent glisser plus ou moins vite sans guère se désagréger. Non seulement ces masses cachent la roche en place, mais comme elles ont conservé une allure assez tranquille, elles peuvent simuler le terrain en place. Quelquefois il est assez difficile d'en sortir.

Il faut tenir compte de ces difficultés pour expliquer comment certains éléments très importants de la tectonique peuvent passer inaperçus et pourquoi il n'est pas possible de coordonner les multiples dislocations qu'on observe. Cependant si l'on néglige quantité d'accidents qui sont certainement d'importance secondaire, on arrive à reconstituer dans ses grandes lignes la forme structurale de l'ensemble. Ceci acquis, la tâche du tectonicien est presque achevée.

L'établissement de coupes au travers de la chaîne est un travail laborieux et dont les résultats montrent mieux que n'importe quelle description la somme d'imprécisions que comporte de pareilles structures. Fréquemment, les coupes sont déjà quelque peu faussées du fait que sur la même transversale les complexes se présentent dans des positions très obliques.

Sur ma carte géologique je n'ai indiqué les directions et pendages des couches que lorsqu'ils paraissent avoir quelque constance et très souvent ils impliquent une certaine moyenne. J'ai pareillement laissé de côté les innombrables petites cassures; la carte eût risqué d'être surchargée sans profit aucun.

II. Description régionale.

Région des Paquiers.

Cette région intermédiaire entre la chaîne du Bifé et la masse principale de la Berra présente une allure tectonique relativement simple et assez facile à débrouiller à cause de l'individualité très nette du Wildflysch et du Grès du Gurnigel.

Une coupe transversale passant par la Chablex ou la Téraillonnaz résume de la façon la plus nette ce que l'on observe le long du versant externe des Paquiers: chevauchement, sur la Molasse subalpine, du Wildflysch surmonté du Grès du Gurnigel. Comme le Wildflysch occupe ici un certain espace, le phénomène est immédiatement évident.

Le Wildflysch est relativement peu disloqué et les dislocations qu'il montre sont minimales comparées à celles qu'offre parfois le Grès du Gurnigel. Ceci s'explique aisément. Cette zone relativement plastique n'est pas écrasée par un complexe puissant de grès ou de calcaires. D'autre part, le Wildflysch n'est pas venu buter contre des massifs résistants et compacts de Molasse. Le Grès de la Guiga avec ses marnes à la partie supérieure a fortement adouci le contact; il s'est trouvé lui-même entraîné dans le chevauchement et a souffert à peu près autant que le Wildflysch lui-même. Un contact immédiat entre le Flysch et la Molasse ne s'observe pas, mais on voit les marnes du Grès de la Guiga fortement redressées et partiellement repliées au voisinage du Flysch, par exemple à l'E des Raveyres et dans le lit du ruisseau qui passe au N du chalet de la Téraillonnaz.

Quelques dislocations de caractère local sont toutefois à signaler. Si l'on remonte le petit ruisseau qui coule au S du chalet 1317, on aperçoit de part et d'autre du Grès du Gurnigel insinué dans le Wildflysch entre la série gréseuse et les schistes noirs, des discordances très nettes, compliquées de plissements et de cassures. En dessous de la lame de Malm de la Rescherne, le Wildflysch très à découvert dans les ravins montre des déformations intenses.

En dessous de la Rescherne, il y a une série de bancs de grès parfois grossiers; l'interprétation de ces assises à cet endroit n'est pas facile; il se peut que ce soit une masse de glissement; je les ai rangées

avec le Grès stampien de la Guiga qui affleure dans ces parages. J'avoue n'être pas arrivé à une idée claire dans la répartition et les relations des divers complexes qui avoisinent la Rescherne.

A partir de cet endroit, d'ailleurs, des complications interviennent qui modifient profondément toute l'allure de la chaîne. Le Wildflysch s'insinue en arrière de la masse gréseuse de la Joux de Villaret et en une montée d'axe se dirige vers la Berra. Cette montée d'axe comme d'ailleurs le grand développement du Wildflysch est peut-être due à l'enfoncement en profondeur du massif Bifé-Montsalvens. D'autre part, la chaîne de Flysch qui acquiert toute son ampleur se développe vers le NW en constituant un arc bien sensible, phénomène sur lequel je reviendrai dans la suite.

Considérons rapidement le versant interne. Pour autant qu'on peut en juger, il ne semble pas que le Wildflysch ait subi des dislocations importantes, car les niveaux de calcaires qu'on observe dans la région des Botteys sont très continus. Au S des Botteys, on voit surgir un nouveau complexe de grès. Il est bien difficile de préciser quelle est la relation qui unit ces Grès du Gurnigel avec le Wildflysch des Botteys. Y a-t-il succession stratigraphique ou bien les grès se comportent-ils en écaille indépendante ? En tous cas, grâce à leur cohésion les grès chevauchent manifestement le Wildflysch ; c'est ce qui s'observe soit au S des Botteys, soit en arrière de Pouta-Cierne et de Bergmanda où les bancs gréseux limitent la zone de Wildflysch en y constituant une petite paroi boisée.

Versant externe entre la Berra et la Singine.

A partir du R. de Stoutz, le Grès du Gurnigel forme une paroi boisée analogue à celle de la région des Paquiers, mais beaucoup plus puissante. Sous cette grande épaisseur de grès qui donne à l'ensemble une certaine cohésion, le Wildflysch apparaît très réduit ; dans le R. des Roches où il affleure, il n'est visible que sur une vingtaine de mètres. A partir de Rapposereau, la chaîne s'incurve vers l'E. Ce changement de direction est accompagné de décrochements horizontaux qui ont pour effet de rompre l'alignement uniforme du complexe gréseux ; c'est d'ailleurs grâce à cet effet morphologique qu'on peut les déceler. A Grosschwand supérieur (1235 m.), un premier décrochement rejette vers le N un paquet de terrain, celui de la hauteur 1287. Plus prononcée encore est la saillie boisée qui s'avance au N du P. 1282 ; elle est accompagnée de chaque côté de traînées de Wildflysch, qui réapparaît grâce à ces accidents tectoniques. Un décrochement analogue mais de moindre importance a dû se produire à la Gipsfluh. Tous ces décrochements n'apparaissent pas avec évidence, comme c'est le cas dans une paroi de calcaire massif ; il y a tant de débris et de broussailles qu'on a grand'peine à démêler le terrain en place de l'éboulis ; le phénomène est bien visible avec un peu de recul : on voit nettement les parties décrochées former des éperons boisés en saillie vers la forêt du Burgerwald.

A Grosschwand (1047 m.), le Wildflysch occupe de nouveau un certain espace, comme le témoigne l'affleurement à l'E du chalet. Une descente axiale amène rapidement le Flysch vers la Gérine. Au Creux des Pierres où sans apercevoir la base même du Grès du Gurnigel on n'en est guère éloigné, on peut situer cette limite inférieure à 1300 m. approximativement. A la Gipsfluh, elle se tient vers 1150 à 1200 m., au S de Grosschwand encore vers 1150 m. A partir de ce point, le mouvement de descente s'accroît rapidement. On voit parfaitement bien à l'E de Neuhausroggela les bancs s'incliner légèrement vers la Gérine. Ce cours d'eau coupe les affleurements les plus inférieurs en dessous de 900 m. Le Grès du Gurnigel descend certainement jusqu'à 850 m. Sur une distance de 1500 m., la base du Grès du Gurnigel témoigne donc d'un abaissement axial d'environ 250 m.

Gilliéron a signalé un contact visible entre le Flysch et la Molasse dans la région du Creux des Pierres et il le décrit comme un véritable chevauchement (10, p. 240). Je n'ai malheureusement pu découvrir ce contact peut-être voilé aujourd'hui par les éboulis. Quant au soit disant contact dont fait état Dillenius dans une des branches du R. des Roches (40, p. 40), il se ramène à un banal affleurement de Grès de la Guiga.

Entre la Gérine et la Singine on est loin de la limite si régulière marquée par le versant externe du Cousimbart et de Muschenegg. La ligne sinueuse qui sépare le terrain en place de l'éboulis ne correspond évidemment pas à la ligne de base du Flysch. On devine cependant que le contact entre le Flysch et la Molasse devait se faire suivant une surface irrégulière.

La succession des assises du Grès du Gurnigel ne présente également plus la régularité observée tout le long du Cousimbart. Des complications interviennent qui font que nous n'avons plus une série simple mais des redoublements de terrains, marqués par des replis et des chevauchements. Il est facile de le constater en remontant le Tiefengraben à partir du début des affleurements de Flysch jusqu'au P. 1279. On a l'occasion de suivre, d'une façon très continue, un ensemble particulièrement puissant. La série basale est faite de bancs très épais, les premiers très redressés auxquels succèdent des assises à faible inclinaison. A partir de 1190 m. environ, on note une succession de replis divers, anticlinaux et synclinaux aigus, compliqués de chevauchements marquant l'existence de complexes superposés à la suite de gros efforts tectoniques.

Nous avons vu auparavant l'inflexion axiale que présente la chaîne au S de Plasselb. A partir de la Gérine, le Flysch remonte de nouveau pour redescendre ensuite en arrière de Planfayon vers la Singine. En dessous de Martisgräbli, la limite basale du Grès du Gurnigel est située à 800 m. environ pour atteindre presque 1300 m. vers le Gurnigel.

La descente de la nappe de Flysch en arrière des bassins de Plasselb et de Planfayon est probablement en relation avec d'anciennes vallées creusées dans la Molasse. Il ne s'agit pas de dépressions dans la Molasse d'eau douce qui constitue ici le soubassement direct de la nappe préalpine, car cette Molasse apparaît comme un élément charrié par les Préalpes. Ces dépressions ont été taillées dans le terrain en place antérieurement à l'arrivée de la nappe de Flysch, donc dans la Molasse marine, le seul complexe autochtone.

Régions internes.

Il n'est guère possible d'arriver à une vue précise de la tectonique des régions internes de la Berra. *Gilliéron* écrivait déjà à ce sujet: «Il n'est pas douteux qu'il n'y ait dans l'intérieur de la chaîne des plis et des failles et que certains ensembles de couches ne se présentent plusieurs fois de suite; mais il serait fastidieux d'entrer ici dans le détail des simples suppositions qu'on peut faire à cet égard.» (10, p. 53.) La description d'un certain nombre de dislocations internes permet toutefois de retrouver le sens général de la tectonique et c'est bien là l'essentiel.

Dans la région située au SE du sommet de la Berra, vers Bigitoz et le Creux d'Enfer, les couches plongent, en général, vers l'ENE. Cette inclinaison implique un mouvement très oblique par rapport à la direction de plongement la plus fréquente, celle vers le SE. Ce plongement vers le SE prédomine dans tout le Plasselschlund et dans les coupures qu'offrent les divers ruisseaux de la rive gauche de la Gérine. Il y a bien des dislocations secondaires qui font que localement les bancs plongent vers le N ou le NW. Des plissements divers, anticlinaux et synclinaux très aigus, se remarquent à bien des endroits, dans le R. de la Wusta, de la Paradisa et des Filistorfènes. Dans ce dernier ils sont bien visibles au point de confluence avec le R. des Filistorfenaz. Et si l'on remonte le R. des Filistorfenaz, on relève également des plissements assez importants affectant des bancs épais de grès.

Dans la paroi de rochers dominant la rive gauche de la Gérine au-dessus du P. 1128 on voit toute une série de replis qui donnent une idée des violentes dislocations qui peuvent affecter le Flysch dès que la nature du terrain s'y accommode. Plus haut, dans le même torrent, en aval et en amont du P. 1159, l'allure des assises est très tourmentée; la direction SW-NE reste à peu près constante, mais les couches fortement redressées plongent tantôt dans un sens, tantôt dans un autre; le tout est accompagné de cassures. Directement en face du P. 1128 on observe un chevauchement très net. Mais le spectacle le plus instructif pour se rendre compte de l'intensité extrême des dislocations dans le Flysch s'offre de la manière la plus parfaite dans le ruisseau provenant du Creux d'Enfer. Dès qu'on remonte ce torrent à partir de son point de confluence avec la Gérine, on commence à apercevoir des discordances très nettes entre les séries d'assises, discordances purement mécaniques et déterminées par des chevauchements variés. Mais c'est surtout un peu en aval du point de jonction des 3 branches constitutives de ce torrent qu'on relève les plissements les plus variés et les plus désordonnés.

Le cours supérieur de la Gérine laisse voir sur plusieurs centaines de mètres les bancs de Flysch d'une façon continue dans le lit du torrent; la Gérine coule perpendiculairement à la direction des couches; le pendage, assez faible, se fait vers le SE.

La région Kapberg-Stockberg, limitée d'un côté par la Gérine, de l'autre par le Höllbach, est la partie la moins compréhensible au point de vue tectonique de la travée Berra-Cousimbert. L'exiguité des affleurements rend cette zone presque impossible à déchiffrer. La direction des couches est en gros SW-NE, comme le montrent les niveaux de grès à Nummulites. Sur les hauteurs, des perturbations dans l'allure générale sont assez fréquentes (sommets 1445, etc.).

Le Schweinsberg est une large montagne que les torrents n'ont en somme que peu entamée. Sa structure interne ne serait guère accessible, n'étaient les abondants niveaux à Nummulites qui nous renseignent assez bien sur l'allure générale des assises. Or, ces niveaux qu'on suit parfois sur plusieurs centaines de mètres ne témoignent pas en faveur de grandes dislocations.

Cette tranquillité, pour dominante qu'elle soit, n'est pas exclusive. A l'E, le Höllbach a, en majeure partie, son lit creusé dans la roche en place. Les plissements très forts qu'on peut ainsi constater sont d'autant plus inattendus que lorsqu'on remonte la Gérine jusqu'à son point de confluence avec le Höllbach, le premier cours d'eau montre le long de ses berges une grande tranquillité. Mais à peine a-t-on quitté la Gérine qu'on se heurte à toute une série de plissements qu'il serait trop long et bien inutile de décrire, même en ne tenant compte que des plissements principaux. En dessous de Tature (1199 m.), de puissantes assises de grès sont redressées en synclinaux et anticlinaux presque droits, en partie faillés. Par contre, à l'W de Poffetsrain et jusqu'au P. 1203, toute la série des bancs que le torrent à plusieurs reprises franchit en petites cascades accuse une grande régularité. Plus haut et jusque vers les sources du Höllbach renaissent quelques replis, mais la direction reste sensiblement constante.

Les versants E et S du Schweinsberg sont d'un caractère beaucoup plus tranquille. En combinant les affleurements fournis par les ravins du Lägerlilauenen et de Gügger avec ceux offerts par les ruisseaux de Lägerli, on obtient une coupe complète, d'un peu au-dessus de la ligne de contact des Préalpes externes et des Préalpes médianes jusqu'à la crête supérieure du Schweinsberg (P. 1630). La succession des assises est étonnamment régulière et ne laisse entrevoir aucun chevauchement ou redoublement des séries grés-marneuses. La poursuite durant plusieurs kilomètres des bancs de grès et brèches à Nummulites vient encore confirmer cette parfaite régularité dans le sens horizontal.

Ici une question d'interprétation tectonique se pose et mérite d'être brièvement traitée. En considérant la carte tectonique et les coupes, on remarque que de part et d'autre de la large crête maîtresse du Schweinsberg les niveaux de roches nummulitiques forment des bandes continues, niveaux du Höllbach-Grosser Schweinsberg d'une part, Zorettliegg-Rothenbach d'autre part. N'y aurait-il pas continuité entre ces niveaux dont les bancs plongent approximativement les uns vers les autres ? En d'autres termes, la partie centrale du Schweinsberg ne peut-elle pas être interprétée comme un large synclinal ? Il serait aisé de répondre si l'on disposait de niveaux stratigraphiques ou même lithologiques. Mais les niveaux de roches nummulitiques de la Berra ne paraissent pas occuper une place déterminée dans ce complexe unitaire qu'est le Grès du Gurnigel. Dès lors, toute interpolation quelconque contient trop d'inconnues pour mériter grand crédit. Dans le cas particulier du Schweinsberg, sans vouloir rejeter la solution précédemment exposée, je crois bon de ne pas la pousser bien loin. A admettre qu'il y ait continuité réelle, cette continuité ne se fait pas par une ligne simple : des complications interviennent. A l'E de Kleiner Gügger, une grande cassure amène une perturbation profonde qui modifie la direction des couches. De même des replis assez forts se font sentir dans le R. de Tierliberg.

Région de Hellstätt et de l'Ettenberg.

La paroi externe de Hellstätt (Gebrannte Egg) est très uniforme et rappelle absolument le versant externe des Paquiers ou du Cousimbert ; le style tectonique est d'ailleurs le même. J'ai déjà décrit auparavant la structure de cette région bordière (p. 54 et 55), je n'y reviens pas.

Sur le versant interne qui domine la vallée de la Singine froide au N, tout est si confus qu'il est inutile d'y chercher un groupement un peu cohérent dans les dislocations. Si, en règle générale, l'inclinaison a lieu vers le S-SE, on note un peu partout des exceptions. En remontant le cours de certains torrents, on remarque à plus d'un endroit des replis perpendiculaires au plissement normal. On a un

exemple facile à observer non loin de la confluence des 2 Singines, en face de Unterste Seite où des replis anticlinaux et synclinaux ont leur axe dirigé approximativement suivant une direction N-S.

L'Ettenberg est le type parfait de la montagne où le Flysch grés-marneux règne sans partage. Ce qu'on peut dire de la structure est peu de chose: toute précision est illusoire dans ce territoire où les affleurements et la succession des couches sont réduits au minimum. L'inclinaison des assises se fait généralement vers le S ou le SSE, mais il intervient bien des variantes d'un caractère local. Vers le Gross Ettenberg, les bancs plongent assez fortement vers le N approximativement.

Versants méridionaux et zone S de contact.

Depuis *V. Gilliéron*, nous savons que le contact des Préalpes externes et des Préalpes médianes est un contact anormal. Ce géologue signale à plus d'une reprise «une grande faille» entre le Flysch de la Berra et la chaîne calcaire Moléson-Ganterist (6, p. 16, p. 23, p. 55). On sait que la plupart des failles mentionnées par *Gilliéron* correspondent dans la tectonique actuelle à des plans de chevauchement.

Région de la Valsainte. Des coupes nombreuses sont fournies par les ruisseaux qui descendent des crêtes de la Berra vers le Javroz; que l'on suive les uns ou les autres, on obtient presque toujours la même distribution: alors que dans le cours inférieur du ruisseau se succèdent une série de petits synclinaux et anticlinaux (par exemple dans le R. de la Tioleyre, du pont jusqu'à la carrière), les pentes moyennes et supérieures montrent des couches fortement redressées mais moins tourmentées.

Aux abords du couvent de la Valsainte aucun contact n'est visible. Au SW du couvent, le Flysch affleure le long du Javroz en bancs épais qui appartiennent au Grès du Gurnigel. Partout ailleurs les dépôts morainiques recouvrent abondamment le sous-sol. Le Javroz doit couler approximativement à la limite des nappes. On en a la preuve à l'E de Dos d'Anes où le Trias des Médianes apparaît à deux ou trois reprises le long des berges de la rive gauche de la rivière. Au S de la Raynaudaz, ce terrain est particulièrement bien développé: la corgneule et la brèche à cailloux dolomitiques forment sur la rive droite un bon affleurement surmonté de quelques dépôts fluvioglaciers.

La zone méridionale de Wildflysch est fortement érasée et disparaît en profondeur là où la nappe des Médianes la chevauche directement. J'ai décrit précédemment les violentes dislocations qu'on observe aux Echelettes et la trituration des roches qui en résulte.

La présence de cette zone de Wildflysch introduit un peu de clarté dans les relations tectoniques du bord S de la Berra. Cette zone court à peu près parallèlement à la ligne de contact, sans toutefois marquer cette limite tectonique puisque, généralement, elle en est séparée par de petits complexes nummulitiques sur lesquels s'appuie directement le Trias. Toutefois cette zone marginale de Grès du Gurnigel est tronçonnée en un chapelet d'écaillés entre lesquelles le Trias des Médianes chevauche immédiatement le Wildflysch.

C'est ainsi qu'à l'E des Echelettes les Préalpes médianes qui ont refoulé le Wildflysch s'infléchissent devant une écaille nummulitique (hauteur 1334) et le Flysch déborde de l'autre côté du Javroz. En dessous du chalet 1172, dans les berges du Javroz, le Trias apparaît à quelques mètres du Grès du Gurnigel. A l'W de Grattavache-Dessous, à partir du P. 1252 jusque près du chalet de la Vère, la ligne de contact des nappes est marquée par une traînée assez continue de Trias; c'est d'abord du calcaire dolomitique; à partir du Javroz, la corgneule précède le calcaire dolomitique et plus résistante que les autres roches, dessine très nettement le plan de chevauchement.

Au N de la Vère, le Grès du Gurnigel disparaît en profondeur et c'est le Wildflysch qui subit l'assaut des Médianes. Le contact est marqué par une zone triasique étroite où des plaques de gypse sont associées à la corgneule et au calcaire dolomitique (immédiatement au N du chalet 1371). Plus haut, le contact est également aisé à suivre le long de petits mamelons; à un endroit le Trias et le Flysch sont fortement entremêlés. 40 m. en dessous de la Magnenaz on voit parfaitement les bancs de grès plonger sous la corgneule; quelques mètres plus haut, c'est le calcaire dolomitique qui chevauche le Flysch. Au chalet même de la Magnenaz qui se trouve exactement à la limite des 2 nappes, le Lias moyen (Pliensbachien) semble directement entrer en contact avec le Grès du Gurnigel; le Trias forme tout au plus une zone extrêmement réduite.

Région du Lac Noir. A l'E de la Magnenaz, le Flysch a quelque peu glissé et occupe la ligne des hauteurs, voilant tout contact avec ses débris. Au S de Grattavache-derrey, le Grès du Gurnigel à séries nummulitiques réapparaît, écrasant une mince zone de Wildflysch accolée aux bancs gréseux de la Lenzburgera et du Bürgliberg. Puis, à l'E de la hauteur 1455 et à peine sensible dans la morphologie, un terrain de constitution toute différente se présente: c'est ce que *Gilliéron*, qui en donne une description assez confuse, a appelé le «massif du Doserain» ou du Thoosrain qui, par la Ballisaz (P. 1534), se relie à l'Arsajoux (S de la Valsainte), le plus important de ces petits massifs constitués presque exclusivement par le Trias et le Lias. Tous ces petits massifs situés à la marge même des Préalpes externes ont une structure assez complexe marquée par des replis aigus. Le Thoosrain ayant été compris dans l'étude détaillée de la chaîne des Bruns effectuée par *L. Horwitz*, je ne m'occuperai ici que de la ligne de contact. Ce massif du Thoosrain s'est avancé comme un coin dans la nappe des Préalpes externes, refoulant violemment les assises de Flysch: la zone nummulitique bordière disparaît en profondeur, le Wildflysch est réduit à peu de choses et, au delà, à partir du P. 1248, les ruisseaux du Tierliberg ou du Bürgiberg coupent des assises très épaisses de grès redressées et pliées en anticlinaux et synclinaux droits. J'ai décrit précédemment le contact visible dans le Fallenbach (p. 6). La ligne de contact se poursuit par Gauglervorsatz vers Ramserli. Au delà et dans toute la région située directement à l'W et à l'E du Lac Noir, les dépôts superficiels, éboulis et moraines, empêchent toute observation. Mais il est encore facile de situer d'une façon approchée la limite entre les 2 nappes. Depuis Ramserli elle passe légèrement au S de la Gypsera et, par les Hür linen, se dirige vers Galützi et Beschissener jusqu'à Ober-Hohberg où elle passe un peu au-dessus du chalet.

A l'E du Lac Noir, le Trias des Médiannes repose également sur le Grès du Gurnigel tandis que le Wildflysch forme en avant une zone d'autant plus large qu'on se rapproche du Hohberg. Immédiatement au NE du Lac Noir, d'importants glissements ont profondément modifié la position primitive des terrains. La preuve directe en est donnée par l'affleurement de gypse visible à l'E de la Brügera. Ce gypse, suffisamment abondant pour avoir été autrefois exploité en carrière (carrière de Im Rohr), et accompagné de calcaire dolomitique, apparaît aujourd'hui un peu confusément dans un fouillis d'arbustes et de broussailles. Quoique perdu apparemment au milieu du Flysch, il ne représente nullement une lame, mais appartient à la bordure triasique des Préalpes médianes. Il a été amené dans sa position actuelle à la suite d'un glissement déjà ancien, car du glaciaire local paraît le surmonter, pour autant qu'on peut reconnaître ce terrain au milieu d'un chaos de blocs et de débris.

Au S de Im Rohr, le Grès du Gurnigel constitue un gradin boisé de 100 m. de haut environ. Là aussi il s'agit très certainement d'un gros paquet de terrain amené à la suite d'un lent mouvement de descente. La position de ces roches est à situer aux flancs mêmes du Hochmätteli, approximativement en dessous de Galützi. D'ailleurs, dans tout le domaine de In der Hür linen et du Längmoos, on observe d'abondantes traces de Grès du Gurnigel. Au S du ruisseau qui coule en dessous du chalet 1273, le Flysch est peut-être en place. Près du même chalet, vers 1300 m., on remarque d'énormes blocs de grès et de brèches à Nummulites. Des paquets de Flysch éboulés apparaissent pareillement entre ce chalet 1273 et Längmoos, également plus haut, en dessous du chalet 1375, ici mêlés vraisemblablement à du matériel d'origine glaciaire. On arrive ainsi à reconstituer approximativement la position de l'écaille méridionale de Grès du Gurnigel. Naturellement toute relation tectonique a disparu.

Le Grès du Gurnigel n'apparaît vraiment en place qu'au Hohberg (1573 m.) où il constitue un solide massif dont les bancs s'inclinent modérément vers les Préalpes médianes.

III. Conclusion.

En s'efforçant de départir l'essentiel d'avec l'accessoire, ainsi que je l'ai dit auparavant, on peut reconnaître la forme structurale de la Berra. La description tectonique détaillée permet de retrouver la tendance générale, souvent contrariée mais persistante cependant, du plongement du Flysch vers les Préalpes médianes. Si l'on ajoute à cette première constatation l'absence totale de charnières anticlinales ou synclinales — les replis anticlinaux et synclinaux signalés plus haut rentrant dans la catégorie des accidents locaux — on est réduit à expliquer la structure générale de la Berra

par un empilement d'écaillés successives. Déjà la masse énorme du Grès du Gurnigel exclut l'idée d'une série simple. Ce sont des chevauchements répétés qui ont ainsi disposé le Flysch de la Berra et particulièrement le Grès du Gurnigel en écaillés imbriqués. Tel est le schéma général mais évidemment simplifié de la tectonique de la Berra.

La cause essentielle qui trouble considérablement cette structure réside dans la nature des terrains. Il faut se souvenir que le Grès du Gurnigel n'est pas constitué par des assises régulières de roches cohérentes et rigides, comme le sont par exemple les calcaires du Lias ou du Malm. De même des complexes franchement marneux ou argileux en grandes masses plastiques, font pareillement défaut. Toujours dans les séries gréseuses s'intercalent des lits de marnes; réciproquement des bancs de grès alternent indéfiniment dans les complexes marneux. Et nulle part un complexe plus résistant, en tous cas plus cohérent, qui donne une certaine unité à l'ensemble des dislocations. De là, une multiplicité de mouvements disharmoniques et cette espèce d'anarchie qui rend si décevante l'étude structurale de la chaîne. On se rend compte de la nature des dislocations, mais on est incapable d'en établir la moindre relation rigoureuse.

Suivant l'abondance plus ou moins considérable des marnes, les divers complexes se sont comportés différemment. La direction première de l'effort tangentiel n'a pas tardé à se perdre parmi des terrains réagissant et résistant si inégalement. Il en est résulté des échappements latéraux vers des centres de moindre résistance; c'est à cela qu'il faut attribuer la direction oblique de certaines écaillés.

C'est dans la partie centrale de la Berra, entre son sommet et la Muscherensense, où le Flysch, régnant sur une largeur qui peut atteindre 8 km., en moyenne 5 à 6 km., et sur 12 à 15 km. de longueur, se trouve entièrement livré à lui-même, que de telles dislocations se remarquent. Latéralement, soit vers le Montsalvens, soit vers le Gurnigel, le Flysch, mieux encadré, suit en gros les lignes tectoniques générales dessinées par les chaîons calcaires ou par le bord à peu près rectiligne de la Molasse marine: la structure isoclinale de la chaîne apparaît alors de façon très claire.

Deuxième Partie.

Molasse Subalpine.

Chapitre premier.

Stratigraphie.

La base la plus solide pour l'étude de la Molasse subalpine est encore le grand travail de *Gilliéron* (10), établi lui-même d'après les données fondamentales dues à *B. Studer* (1, 2). Depuis lors, diverses thèses ont paru sur cette formation, celle de *E. Dillenius* en 1911 (40), celle de *H. Kurberg* en 1919 (64), celle de *H. Buess* en 1920 (68). Cette dernière est de beaucoup plus complète et surtout plus exacte que les 2 précédentes; aussi me dispensera-t-elle de nombreuses descriptions. J'ai également mis à contribution diverses notes publiées ces années dernières par *E. Gerber* sur la Molasse entre l'Aar et la Singine (72, 73) ainsi que son travail plus récent sur le Gurnigel (86).

La stratigraphie de la Molasse subalpine a déjà été clairement établie par *Gilliéron*. *H. Buess* y a ajouté divers compléments, particulièrement en ce qui concerne l'âge des différents étages. En allant des étages les plus anciens aux plus récents, on a la succession suivante:

A. Grès de la Guiga (Grès de Vaulruz)	Stampien	} Oligocène
B. Molasse d'eau douce inférieure	Aquitanién	
C. Molasse marine supérieure	{ Burdigalien	} Miocène
	{ Vindobonien	

Si l'on tient compte de plusieurs précisions apportées récemment dans la chronologie de la Molasse, l'âge de ces divers complexes serait à établir de la façon suivante: le Grès de la Guiga correspondrait au Stampien inférieur, la Molasse d'eau douce à l'Aquitanién. La Molasse marine débutant avec le Burdigalien supérieur, une forte lacune séparerait les Molasses oligocènes des Molasses miocènes.

Molasse rouge. Les esquisses cartographiques de *H. Buess* et de *E. Ritter* (82) indiquent l'une et l'autre une zone plus ou moins épaisse de Molasse rouge aquitanienne s'intercalant soit entre 2 écaillés de Molasse d'eau douce, soit dans le Grès de Vaulruz. La carte de *Buess* laisserait supposer que cette Molasse se poursuit sous la Berra. Au cours de mes recherches j'ai trouvé à 2 ou 3 reprises, en particulier dans le cours moyen du R. de Stoutz, des grès rougeâtres accompagnés de marnes. Mais les affleurements sont trop limités pour que je puisse me prononcer sur l'existence certaine de la Molasse rouge à ces endroits; d'ailleurs, la roche n'a rien de caractéristique et ne diffère guère de la Molasse d'eau douce.

A. Grès de la Guiga.

I. Généralités.

D'après *Gilliéron*, *Damm*, *Buess*, sur la rive droite de la Sarine le Grès de Vaulruz apparaît en dernier lieu à l'E et au NE de Hauteville, aux environs du groupe de maisons de En Part (Impart); la roche affleure aux Farvarges, au Plan et au bas du R. de Ruz, près de Lédevant. *Buess* interprète ces affleure-

ments de grès associés à des marnes assez abondantes, ou comme le passage latéral du Grès de Vaulruz proprement dit, complexe essentiellement gréseux, au faciès gréso-marneux que présente cette Molasse à sa partie supérieure, ou bien comme la terminaison en biseau de la formation (68, p. 50).

En réalité, le Grès de Vaulruz ne se termine pas à l'endroit précité, mais se poursuit vers l'E. C'est ce que laisse prévoir la carte de Buess où le Grès de Vaulruz est brusquement interrompu aux approches du tronçon Montsalvens-Berra. De part et d'autre de ce tronçon, cette Molasse a nettement été reconnue. Je n'insiste pas sur les nombreux affleurements qu'elle offre dans la plaine de Bulle, entre Vaulruz et la Sarine, puisque c'est dans ce secteur qu'elle a été nettement caractérisée. A l'extrémité orientale des Préalpes externes, dans la région qui avoisine le Gurnigel, là où Gilliéron n'indiquait que du Flysch, E. Gerber est parvenu à reconnaître des terrains assimilables au Grès de Vaulruz, plutôt connu dans ce secteur sous le nom de Grès de Ralligen. Gerber les dénomme des noms locaux de *Goldegg-sandstein* (aussi *Lieneggsandstein*) et de *Jordisbodenmergel* (73, 86, p. 38). Dans son esquisse géotectonique de la région du Stockhorn, P. Beck désigne ce complexe de grès et de marnes du nom de «Ralligschuppe» et voit également en lui un terrain rattachable non au Flysch mais à la Molasse subalpine (76).

II. Caractères différentiels.

Différences avec le Grès de Vaulruz. L'introduction d'un nom local pour désigner ce complexe se justifie du fait que le faciès du Grès de Vaulruz n'est pas partout identique. Dans la région de Bulle, les affleurements, limités le plus souvent à des carrières, présentent généralement des bancs épais, encore assez faciles à reconnaître et qui, assez intensément exploités, ont fourni en fin de compte une faune assez importante, laquelle a servi de base à toutes les déductions sur l'âge du complexe. Ce sont de tels affleurements que H. Buess a longuement décrits. Mais cet auteur fait remarquer qu'il a négligé dans ses descriptions les séries marneuses qui surmontent ou qui se trouvent en dessous du Grès de Vaulruz proprement dit (loc. cit., p. 40); il n'envisage donc comme Grès de Vaulruz que la série molassique à bancs gréseux puissants, à intercalations marneuses tout à fait subordonnées.

Dans la zone de la Berra, je n'ai pas retrouvé une série franchement gréseuse. Le terrain que j'interprète comme la continuation du Grès de Vaulruz a un faciès qui rappelle celui attribué par Gerber au *Lieneggsandstein* et au *Jordisbodenmergel*. Les bancs de grès, d'une épaisseur de quelques cm. à 1 m., sont interstratifiés dans des marnes bleuâtres et ces marnes l'emportent presque partout sur les grès. De là une formation extrêmement peu résistante, bien moins encore que le Flysch, déterminant de vastes zones de débris. L'abondance des marnes fait que le sol est animé d'un lent mouvement de descente.

Assez bien caractérisé et passablement à découvert dans la région parcourue par le ruisseau de la Guiga, j'ai désigné du nom local de «Grès de la Guiga» le terrain que j'envisage comme l'homologue du Grès de Vaulruz dans la zone de la Berra.

Différences avec le Flysch. A ne considérer que la nature des grès et du faciès, en retenant également les différences vis-à-vis du Grès de Vaulruz normal, on serait tenté de ranger le Grès de la Guiga dans le Flysch. C'est d'ailleurs ce qui est arrivé et ni Gilliéron, ni Büchi ne l'ont distingué sur leur carte. Il est exact qu'il a bien des caractères communs avec le Flysch. Les grès sont très durs, d'habitus très semblable à certains grès du Flysch, si bien que, n'ayant que des échantillons à disposition, on serait fort embarrassé de distinguer ce qui est Flysch et ce qui est Molasse. Sur le terrain les différences apparaissent bientôt. Alors que dans le Grès du Gurnigel on ne peut guère suivre une série même restreinte de bancs sans voir le grain devenir localement plus grossier, on constate que le Grès de la Guiga garde un caractère beaucoup plus constant, la roche demeurant toujours finement grenue; les grès grossiers font presque totalement défaut. La surface remarquablement plane des bancs de grès du Flysch ne se retrouve plus guère ici; elle est bosselée, irrégulière, couverte tantôt d'excavations, tantôt marquée d'empreintes bizarres, tantôt rendue onduleuse par les ripple-marks. Les Fucoïdes, communs sur les schistes du Wildflysch et sur les marnes feuilletées du Grès du Gurnigel, n'apparaissent nulle part sur les marnes de la Guiga.

D'ailleurs, de par sa position et à moins de vouloir faire intervenir constamment le cas de lames tectoniques, le Grès de la Guiga devrait se rattacher non au Grès du Gurnigel mais au Wildflysch. Or, ses ressemblances sont toutes avec le Grès du Gurnigel et non avec le Wildflysch dont il diffère profondément.

Conclusions. Ce long préambule m'a semblé nécessaire pour justifier non pas l'individualité de ce nouveau complexe, mais son attribution à la Molasse subalpine. Que le Grès de la Guiga diffère du Wildflysch, du Grès du Gurnigel et jusqu'à un certain point du Grès de Valruz proprement dit, cela est assez évident. Mais la question qui se pose est en somme celle-ci: Est-ce encore du Flysch ou est-ce déjà de la Molasse? J'ai incliné pour cette dernière conclusion, comme on l'a vu plus haut.

La réponse eût été plus facile s'il m'eût été possible de m'appuyer non seulement sur des caractères lithologiques mais sur un matériel paléontologique. Malheureusement, ce terrain de grès et de schistes est d'une stérilité presque complète. Dans le R. de la Guiga, en dessous du chalet du même nom, j'ai trouvé dans le grès 2 petites feuilles; puis en dessous du chalet du Saut, une autre petite feuille allongée. Ces restes, quoique indéterminables, marquent cependant une nouvelle différence vis-à-vis du Flysch de la Berra dans lequel les restes végétaux sont toujours informes.

J'ai également trouvé quelques inclusions charbonneuses; il s'agit de petites lentilles de lignite très brillant, épaisses de 1 à 2 cm. et d'une extension très limitée. Elles sont assez communes dans des bancs affleurant dans le R. de Stoutz; un petit lit très mince s'observe en dessous du chalet de la Guiga, au bord du ruisseau.

Si l'on admet que le Grès de la Guiga est bien l'homologue du Grès de Valruz, il faut le dater du Stampien, vraisemblablement du Stampien inférieur.

III. Extension.

Au S du cours supérieur du R. de Ruz, le Grès de la Guiga a été confondu par *Gilliéron* et par *Büchi* avec le Flysch. Il est encore assez facile de l'en séparer, grâce au Wildflysch bien caractérisé et intercalé entre le Grès de la Guiga et le Grès du Gurnigel. A l'E de Grattavache on observe quelques affleurements; plus haut on a probablement affaire à des assises éboulées ou entraînées par des glissements et qui appartiennent au Flysch. A l'W de la Chablex et de la Téraillonaz le Grès de la Guiga présente une succession qu'on retrouve plus loin vers le NE. A une zone inférieure essentiellement marneuse, couverte de débris, semée de pâturages marécageux séparés par des monticules arrondis, succède un versant à pente plus prononcée, généralement boisé; ce versant est dû à une série de bancs de grès par endroits assez puissante, terminée par un ensemble généralement réduit de schistes marneux coupés de rares bancs de grès. A mesure qu'on approche de la ligne de contact du Wildflysch, on voit les schistes se redresser en se compliquant de menus replis et finalement devenir presque verticaux.

Au N du R. de Ruz, une succession à peu près semblable se remarque près des Traverses et au Saut. Aux abords du chalet de la Guiga et dans le lit du ruisseau les affleurements sont nombreux. Le R. de Stoutz, dans son cours moyen, a également creusé son lit dans cette formation: l'action des eaux sur les séries marneuses a donné lieu à un glissement général des berges; les bancs de grès sont empâtés dans une bouillie confuse. Plus haut, autour de la Halletta et de la Gissetta, on n'arrive que difficilement à faire la part de ce qui est en place de ce qui est éboulé. Il en est de même dans toute la forêt de la Joux; d'ailleurs, la carte topographique ne donne qu'une vague approximation de la réalité.

A la Rescherne et à l'W de ce chalet, on voit une série assez puissante de grès que je n'ai pas rangé sans un certain doute dans le Grès de la Guiga: le caractère pétrographique des assises les rapproche assez du Grès du Gurnigel, car les grès sont d'un grain plus grossier que normalement; d'autre part, il paraît y avoir continuité parfaite entre la série marneuse inférieure et les assises supérieures gréseuses.

A partir du R. de Stoutz, les affleurements sont très disséminés. La formation apparaît assez largement autour de Spitzmatta. Le ruisseau entre Griesmatta et Spitzmatta nous la montre formant un petit escarpement rocheux; de même le chemin descendant vers le P. 1009 est taillé dans ses grès.

Dans le lit du ruisseau au N de la Tschaka, la série marneuse fortement redressée est assez longuement visible. La succession la plus continue est toutefois celle fournie par les berges de cette branche du R. des Roches qui naît près de la crête du Cousimbart. On suit la formation durant plusieurs centaines de mètres jusqu'au contact avec le Wildflysch.

Plus au N, il ne m'a pas été possible de découvrir un affleurement certain. La formation semble avoir ajouté ses débris à ceux déjà si nombreux du Flysch. Dans la région de la Joux de Treyvaux, on

remarque des marnes feuilletées qui pourraient peut-être provenir de la désagrégation de cette Molasse. Plus probablement le Grès de la Guiga disparaît sous la chaîne de Flysch dont le front arqué chevauche assez fortement l'avant-pays molassique. Dans le Burgerwald et entre la Gérine et la Singine, le Wild-flysch est charrié sur la Molasse d'eau douce.

B. Molasse d'eau douce inférieure.

I. Extension.

La Molasse d'eau douce joue dans la zone subalpine un rôle important. Son extension est bien moins irrégulière qu'on ne le croyait auparavant. Contrairement à certaines affirmations, nulle part le Flysch n'atteint dans mon territoire la Molasse marine, si l'on excepte le cas un peu spécial de Derrière-Château. La Molasse d'eau douce forme une bande continue du lac Léman à l'Aar. Elle repose tectoniquement, par chevauchement, sur la Molasse marine. A son tour, elle est chevauchée soit par le Grès de la Guiga, soit directement par le Flysch des Préalpes externes.

Elle est plus particulièrement développée dans la région située au S et à l'E du village de la Roche. Les ruisseaux qui descendent des versants de la Berra et du Cousimbert ont creusé dans les grès et les marnes très friables des ravins profonds. Le R. des Roches est dominé dans sa partie inférieure par une paroi de 60 à 80 m. de hauteur formée par les grès de cette Molasse. Sa limite supérieure s'élève partout bien au delà de ce qu'indique *Dillenius*, qui ne semble guère s'être donné la peine de remonter les divers ruisseaux qui seuls ouvrent des affleurements. A l'E de la Roche, près de la Krachoz, elle apparaît à 1120 m.; un autre affleurement très visible est situé dans une des branches supérieures du R. du Bey, au NE du chalet 1065. Il faut aussi citer les affleurements du R. du Ruz, à l'E et à l'W du Mont Maffre à cause de l'importance tectonique qu'ils revêtent. Au N et à l'W de la Serbache, cette Molasse n'est bien visible que dans le Fallenbach.

Sur la feuille 12 de la carte géologique, *Gilliéron* a donné à cette Molasse une extension considérable au S de Montévraz. *Dillenius* non seulement déclare une telle extension exagérée, mais va jusqu'à prétendre que cette Molasse n'existe pas dans ce secteur, la zone des débris succédant immédiatement, selon lui, à la Molasse marine (40, p. 42). Cela est faux, car la Molasse d'eau douce apparaît à de nombreux endroits formant au S de Meser des ravins de 20 à 30 m. de hauteur.

Du R. des Pillons jusqu'à la Gérine, puis entre Plasselb et Planfayon, les affleurements sont très discontinus, car les éboulis et les dépôts quaternaires voilent ordinairement le sous-sol. Les ruisseaux peu puissants qui descendent du Schweinsberg ont cependant creusé des ravins de 10 à 20 m. de profondeur. Dans cette région, le levé de la carte déjà rendu difficile par l'épaisse forêt se complique du fait que la carte topographique est très inexacte. Au S de Planfayon, le dernier affleurement est situé à l'E de Rüti.

Tandis qu'à l'W de la Singine les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires cachent presque entièrement la roche en place, à l'E de la rivière ce sont surtout les éboulis tombés de l'arête de Hellstätt qui recouvrent le sol. Cependant autour de Mülteren la Molasse occupe une certaine surface et le ruisseau qui passe au S de Kräutern offre de bons affleurements. Dans le Brandwald, la construction récente de chemins forestiers a ouvert quelques affleurements où apparaissent surtout les marnes bariolées de la Molasse. Les affleurements vis-à-vis de Kloster près de la Singine auraient peut-être pu m'échapper si je n'avais été mis en garde par la carte de *Gilliéron*. Les formes du terrain correspondent bien à celles que détermine généralement cette Molasse, mais on ne voit guère la roche en place. Un petit affleurement apparaît cependant à 30 ou 40 m. de la paroi de Flysch.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, la Molasse d'eau douce se retrouve à l'E comme à l'W de mon territoire. Du lac Léman à Vaulruz, elle présente des caractères assez différents de ceux qu'elle offre au N de la Berra. Comme elle contient fréquemment des lits de lignite, on lui a donné le nom de «Molasse à lignite» («Kohlenmolasse»). A partir de Vaulruz, elle prend peu à peu le faciès propre à la zone située à l'E de la vallée de la Sarine. La carte et les coupes de *Buess* indiquent qu'elle est constituée de plusieurs écaillés d'épaisseur variable.

A l'E de la Singine, on la connaît sous le nom de «Molasse à feuilles» («Blättermolasse»). Chevauchant la Molasse marine, elle occupe selon *E. Gerber* la ligne Planfayon, Laubbach, Riffenmatt-Hirschhorn, Stössen, Rüti, Nofflen. Sa direction est N 30°—60° E, son pendage varie entre 20° à 70°.

Dans la région de la Roche où la Molasse d'eau douce est mieux à jour qu'ailleurs, on peut y distinguer la succession suivante:

1° A la partie inférieure, la Molasse est abondamment fournie en marnes bariolées qui prédominent sur les bancs de grès généralement peu puissants.

2° Surmontant la série marneuse et constituant pour une large part le versant boisé au S de la Roche, on a une série essentiellement gréseuse à bancs épais, assez faiblement pourvue de marnes.

3° La partie supérieure est faite d'alternances de grès et de marnes qui s'équilibrent à peu près. Les marnes ont cependant tendance à l'emporter sur les grès; c'est le cas, par exemple, dans le haut du R. de la Serbache.

II. Les roches.

Cette Molasse présente en général une assez grande uniformité. On y distingue les variétés suivantes de roches.

Grès communs. Leur grain est assez variable. Certains grès ressemblent passablement à ceux de la Molasse marine; ordinairement ils sont plus grossiers et moins durs. Ils sont tantôt gris, tantôt verdâtres ou jaunâtres, quelquefois rougeâtres; cette dernière coloration paraît être plutôt superficielle et avoir été causée par les marnes de même teinte superposées au grès.

Grès à grumeaux (Knauersandsteine). Ils sont fréquents et très caractéristiques. Les rognons elliptiques proviennent du fait que le ciment calcaire assez abondant est réparti très inégalement dans le grès.

Marnes. Ce sont avec les grès à grumeaux les roches les plus caractéristiques de la Molasse d'eau douce, permettant de la reconnaître aisément à défaut d'organismes. C'est surtout le bariolage des couleurs qui les rend si typiques. Certaines sont d'un beau rouge, d'autres violettes, jaunes, verdâtres. Quelquefois en bancs de quelques centimètres d'épaisseur, ordinairement en schistes, leur surface est luisante, souvent irrégulière et mamelonnée, toujours légèrement micacée. Elles ne constituent jamais une série pour elles-mêmes, mais apparaissent en association avec les grès; elles passent d'ailleurs graduellement au grès marneux; par contre, on ne les voit pas passer, comme c'est le cas entre Lausanne et Vaulruz, au calcaire marneux. Contrairement aussi à la zone vaudoise souvent si riche en fossiles, elles ne contiennent pas d'organismes. Du moins je n'en ai nulle part découvert.

Calcaire et lignite. La zone entre le lac Léman et la Sarine est riche en calcaire lacustre, bitumineux, pourvu souvent d'une abondante faune saumâtre. De même le lignite y est exploité à maints endroits depuis longue date. A l'E de la Sarine, le calcaire d'eau douce manque totalement et le lignite se réduit à de rares feuillets charbonneux intercalés dans les grès ou à quelques petites lentilles de 1 à 2 cm.

Nagelfluh. Elle ne joue qu'un rôle tout à fait secondaire, apparaissant localement sous forme de bancs isolés de 1 à 3 m. de puissance. Signalée par *Dillenius* et *Kurberg* dans le R. du Bey, elle existe encore à plusieurs autres endroits comme le témoignent déjà les très nombreux blocs charriés par presque tous les ruisseaux tributaires de la Serbache. Voici la position de quelques affleurements:

- a) au bord du chemin qui longe la rive gauche du R. de Stoutz, en dessous du R. de Stoutz;
- b) dans le R. du Bey, le banc qui se trouve au N de la maison 941 de Montsoflo et que *Dillenius* a mentionné n'est pas en place; mais j'ai noté un petit banc au SW de Le Graboz, dans le lit du ruisseau;
- c) dans le R. des Roches, immédiatement en dessous de Lienne-dessous.

Dans le Hellgraben, les blocs assez nombreux semblent provenir d'un banc affleurant vers la courbe 1000; je n'ai pas découvert l'emplacement exact. La nagelfluh ne constitue pas dans la Molasse d'eau douce un niveau particulier qui puisse être suivi sur un long espace; elle a un développement très sporadique. C'est ainsi que dans le R. des Roches le banc de nagelfluh ne tarde pas à se perdre dans les

grès à galets et disparaît bientôt. Elle ne forme pas non plus la partie supérieure du complexe molasique comme le croit Buess (loc. cit., p. 19); dans le R. de Stoutz, les marnes et les grès se retrouvent en dessus comme en dessous de la nagelfluh.

Elle est faite de matériaux peu volumineux, 3 à 5 cm. en moyenne, exceptionnellement 12 à 15 cm. Au milieu d'éléments de nature sédimentaire, tels que des grès et des calcaires divers, on reconnaît également des quartzites, des radiolarites rouges et vertes, puis quelques éléments cristallins, notamment des granites rouges.

Nagelfluh de Tilletzschwand. Au NE de la Gipsfluh (Burgerwald), en arrière du pâturage de Tilletzschwand, il y a une quantité de blocs de nagelfluh; mais la roche en place n'affleure nulle part. Il s'agit d'une nagelfluh presque exclusivement calcaire, à éléments de 5 à 6 cm. de diamètre.

III. Paléontologie et âge.

A l'opposé de la Molasse marine, la Molasse d'eau douce est très pauvre en fossiles. J'ai découvert un seul gisement de grès à feuilles dans la région du Burgerwald, dans le lit du ruisseau qui coule à l'E de Mühl matt. Au S de Derrière-Château, près du P. 962, j'ai également trouvé plusieurs blocs de grès à feuilles, mais sans arriver à découvrir le gisement primitif.

Le grès de Mühl matt est surtout riche en feuilles de *Cinnamomum*; on y reconnaît:

Cinnamomum Scheuchzeri, HEER.

Cinnamomum polymorphum, HEER.

Cinnamomum lanceolatum, HEER.

Rhamnus Gaudini, HEER.

Ces espèces, communes dans toute la Molasse, sont dépourvues de valeur stratigraphique.

En dehors de mon territoire on a signalé dans la Molasse d'eau douce *Helix (Plebecula) Ramondi*, BRONGN., fossile considéré comme caractéristique de l'Aquitanien. Une très récente communication de E. Baumberger place ce fossile dans le Stampien supérieur.

L'âge aquitanien inférieur que donne E. Ritter à la Molasse à lignite de la zone vaudoise (82, p. 398) convient à la partie inférieure de la Molasse d'eau douce.

Si ces déterminations d'âge sont exactes, la succession stratigraphique de la Molasse oligocène du bord alpin est la suivante:

	Entre le Léman et la Sarine	Entre la Sarine et la Singine	Entre la Singine et l'Aar
Aquitaniens { sup.			Nagelfluh polygénique ?
inf.	Molasse à lignite	Molasse d'eau douce	Molasse à feuilles
Stampiens { sup.	Poudingue du Pélerin		Nagelfluh calcaire
et			
moyen	Molasse rouge		
infér.	Grès de Vaulruz	Grès et marnes de la Guiga	Goldenegg sandstein Jordisbodenmergel

IV. Faciès et puissance de la Molasse oligocène.

La faune de la Molasse de Vaulruz indique que l'on a affaire à des formations saumâtres et il est fort probable qu'il en est de même pour les complexes homologues de cette Molasse (Grès de la Guiga, etc.).

Quant au faciès des Molasses stampiennes supérieures et aquitaniennes, s'il implique certainement un régime lacustre, il témoigne cependant de variations très grandes, sensibles non pas du S au N mais de l'E à l'W. A l'E du lac de Thoune, l'équivalent de ces Molasses est représenté par le complexe de nagelfluh de la Blumen-Hohnegg. Entre l'Aar et la Singine, on a la « Blättermolasse » essentiellement marno-gréseuse encadrée, d'après Gerber, de 2 complexes de nagelfluh. Dans mon territoire, elle se ré-

sume, comme on l'a vu, dans le complexe unitaire de la Molasse d'eau douce analogue à la Molasse à feuilles. A partir de Vaulruz, vers le lac Léman, cette Molasse se charge de lits de lignite et de bancs de calcaire d'eau douce. D'une manière générale, les éléments détritiques semblent diminuer de l'E à l'W pour être remplacés de plus en plus par des dépôts plus franchement lacustres.

La puissance de cette Molasse est considérable. A l'E du lac de Thoune, *P. Beck* et *E. Baumberger* l'estiment à 3400 m. environ (Stampien moyen et supérieur) (74, p. 111). *E. Gerber*, se basant sur la largeur maximale de cette Molasse entre le Ziegerhubelbruch et le Giebelegg atteignant 5700 m., envisage une épaisseur de 4000 m. environ. En ne considérant que la «Blättermolasse», cette épaisseur se réduirait à 2000 m. approximativement.

Dans la région de la Roche où la Molasse d'eau douce a son plus grand développement, si l'on prend les 2 affleurements extrêmes, celui du Fallenbach à l'W du village et l'affleurement supérieur du R. du Bey, au S de la Lenda, on obtient une distance de plus de 2500 m. En tenant compte du pendage qui varie entre 20° et 80°, puis de très probables redoublements de couches dûs à des plissements et à des répétitions par imbrications, on peut évaluer la puissance de cette Molasse à 1000 ou 1500 m.

Pour ce qui concerne le Grès de la Guiga, l'estimation est rendue bien précaire par le manque de suite des affleurements. On peut évaluer toutefois à quelques centaines de mètres l'épaisseur de ce terrain.

C. Molasse marine.

I. Généralités.

La Molasse marine supérieure est la formation la mieux connue de la région subalpine à cause de ses nombreux gisements fossilifères souvent très riches, découverts il y a longtemps déjà. La vallée de la Roche la divise en 2 régions bien distinctes morphologiquement: la région de la Combert et celle du Burgerwald.

Région de la Combert. Située à l'W de la route cantonale la Roche-le Moutet, cette région ne fait pas corps avec la chaîne de la Berra, l'érosion l'ayant isolée en une colline en marge de la chaîne; cependant la Molasse de la Combert, par l'inclinaison de ses assises, se rattache encore à la zone subalpine. Faite presque exclusivement de grès, la nagelfluh n'apparaissant guère ailleurs qu'à l'W du Pratzet, elle n'offre que peu d'affleurements bien nets. Aucun ruisseau important ne descend de ses flancs, les dépôts glaciaires qui arrivent jusqu'au sommet (1070 m.) y sont partout très abondants, la couverture végétale, surtout forestière, y est également très dense: aussi la distribution exacte des terrains molassiques et des formations quaternaires est-elle assez malaisée.

A la même zone se rattachent les monticules de nagelfluh situés au N de l'église de la Roche.

Région du Burgerwald. La Molasse marine qui apparaît à l'E du Pratzet est la continuation directe de celle de la Combert. Au-dessus de les Quartiers, on voit affleurer la nagelfluh surmontée de quelques bancs de grès à galets et de grès assez grossiers avec des fossiles mal conservés, en particulier des débris de *Cardium*. Dans la région du Burgerwald proprement dit, cette Molasse est surtout visible au S de Montévraz, de Zénaüva et de Bonnefontaine. Les ruisseaux qui descendent du Cousimbert vers les localités précitées en donnent les meilleures coupes; ce sont des successions banales de grès, de nagelfluh et de marnes subordonnées. La nagelfluh constitue pour une large part la hauteur de Derrière-Château (1090 m.) appelée dans la région le «Berri». Les collines situées au N. de Derrière-Château, interprétées par *Behmer* et *Dillenius* comme moraines rhodaniennes, sont des reliefs molassiques faits en majeure partie de nagelfluh, partiellement aussi de grès (P. 927).

Après une assez longue interruption sous la couverture morainique, on retrouve la Molasse marine le long des rives de la Gérine, en dessous de Plasselb. Sur la rive droite, elle forme un rocher assez saillant; en allant vers l'amont, on voit le grès en bancs peu épais se charger peu à peu de nagelfluh. Je n'insiste pas sur les affleurements de l'autre rive; ils sont bien à découvert le long de la route cantonale, mais c'est déjà en dehors de mon champ d'étude. Remarquons seulement qu'il s'agit de grès et non de nagelfluh.

II. Les roches.

Les grès sont semblables à ceux qu'on observe dans tout le plateau molassique où cette Molasse marine occupe de larges surfaces. Quelques différences de détail interviennent du fait de la proximité du bord alpin. Les assises sont généralement moins puissantes, les schistes gréseux sont assez communs. La surface des bancs est fréquemment irrégulière, bosselée; on y remarque aussi d'étroits sillons cylindriques, tels que ceux qu'on observe communément sur le grès du Flysch (R. de Montécu, rive gauche de la Gérine à Plasselb.)

Les marnes, de couleur jaune, sont plutôt rares, ne constituant que des intercalations minces entre les bancs de grès; elles sont déjà plus abondantes entre les assises de nagelfluh.

La nagelfluh du «massif de Montévrz» n'est qu'un faciès de la Molasse marine. Elle apparaît en général en bancs alternant avec les grès, mais d'autant plus franche qu'on se dirige vers le S. Elle constitue des assises bien individualisées. Dans de bonnes conditions d'affleurement, on la voit passer graduellement au grès qui se charge de galets isolés (au Lanhiau, S de Sonnenwil). Les blocs sont exceptionnellement de grandes dimensions; ils ont en moyenne 5 à 10 cm. de diamètre, ceux qui dépassent 50 cm. sont rares. C'est de la nagelfluh polygénique, mais dans laquelle les éléments de nature sédimentaire l'emportent nettement sur les roches cristallines. Ce fait ressort de l'examen général de la formation et non de tel ou tel banc pris isolément. *Dillenius* et *Kurberg* parlent d'affleurements de nagelfluh uniquement calcaire avoisinant de la nagelfluh essentiellement polygénique. Dans un si petit rayon et sur une verticale de quelques mètres, la nagelfluh n'est pas susceptible de varier si promptement de nature et en réalité elle ne le fait pas. La seule affirmation qu'on puisse avancer sur la nature de cette nagelfluh est que la partie supérieure est sensiblement plus riche en éléments cristallins; c'est dans ce niveau et non dans la partie inférieure qu'il m'a été possible de recueillir en assez grande quantité des galets de roches éruptives assez variées.

III. Paléontologie et âge.

Les gîtes fossilifères de la Combert sont connus de longue date. Plus d'un musée de la Suisse possède des exemplaires originaux de cette région. Il s'agit ordinairement de *Pecten* et d'*Ostrea* ayant souvent de grandes dimensions et presque toujours fort bien conservés. L'exploitation assez intensive de certains de ces gisements a fait que maintenant ces fossiles ne sont plus si faciles à récolter. Par contre, d'autres espèces moins recherchées, des *Venus*, des *Cardium*, des *Panopées*, y abondent encore.

Les principaux gîtes se trouvent au S et au SE du sommet de la colline, avoisinant la lisière de la grande forêt de la Combert. Je signale ceux d'Oberbiet et de la Rugi aux alentours du monticule molassique 940, ceux situés à l'entrée de la forêt au-dessus de la ferme de la Combert, puis celui qui se trouve au S de Pâquier aux Oiseaux. Plus au N, on découvre quelques fossiles, le plus souvent éparés, à la Comba et près de les Gottes.

La région du Burgerwald ne le cède en rien à celle de la Combert quant à la richesse et la variété des fossiles. On trouvera dans le travail de *Buess* la description détaillée des divers endroits fossilifères (68, p. 31); je les ai également indiqués sur ma carte géologique. Je me borne à signaler ici un nouveau gisement situé à l'E de Spitzmatt (N. de Derrière-Château), au bord du chemin qui va du P. 910 au P. 1021.

Les gîtes fossilifères de la Combert et du Burgerwald se répartissent dans un horizon assez constant d'une épaisseur d'une vingtaine de mètres approximativement. Quoique contenus généralement dans des grès, à l'W de Derrière-Château, quelques fossiles apparaissent au milieu de bancs de nagelfluh. Cet horizon fossilifère est très probablement la continuation occidentale des horizons 2 et 3 des «couches du Belpberg» dont *R. Rutsch* a signalé la grande extension.

H. Buess a résumé dans un tableau les diverses espèces recueillies dans la Molasse subalpine. Pour ce qui concerne la Molasse marine, j'ai pu constater à la suite de récoltes assez abondantes que les listes de certains gisements sont loin d'être complètes; c'est le cas tout particulièrement pour le gîte de Schwand

de la Riedera (E de Montévraz-dessus en dessous du P. 901). En outre, une grande partie des déterminations serait à revoir ¹⁾.

Les faunes actuellement connues sont un mélange de fossiles burdigaliens et vindoboniens. La base de la Molasse marine est vraisemblablement à dater du Burdigalien supérieur. Il n'est pas certain qu'elle affleure dans mon territoire. C'est dans le Vindobonien qu'il faut probablement situer la Molasse marine du pied de la Berra.

Chapitre 2.

Tectonique.

I. Généralités.

Dans son travail, *H. Buess* a donné de la tectonique de la Molasse subalpine du canton de Fribourg un long aperçu général, malheureusement assez confus (68, p. 88 à 97). Il est difficile de suivre au milieu de considérations d'ordre historique et critique, la pensée de l'auteur. Par contre, les quelques coupes géologiques qu'il donne sont beaucoup plus explicites.

En somme, jusqu'à ces années dernières, deux notions fondamentales basées sur des observations précises, mais très limitées à cause de la localisation extrême des affleurements, ont dirigé l'interprétation tectonique de ce terrain.

C'est d'abord celle de l'anticlinal principal de la Molasse signalé dès 1834 par *Bernard Studer*. Le tracé de cet axe anticlinal a passé par bien des vicissitudes et successivement *Gilliéron*, *L. Rollier*, *Alb. Heim* y ont apporté des modifications.

Puis, pour expliquer la succession des complexes d'âges différents que l'on traverse en allant du plateau vers le bord alpin, *V. Gilliéron* a envisagé l'existence de failles à peu près verticales qui auraient ainsi déterminé des contacts mécaniques.

Peu à peu, la notion de chevauchements, restreinte d'abord au domaine proprement alpin, a été utilisée dans l'explication structurale de la Molasse. Elle a été tout particulièrement développée par *Ed. Gerber* dans diverses communications concernant les territoires entre l'Aar et la Singine. Elle a pareillement servi à *R. Schider* (49), *H. Mollet* (70), *E. Baumberger* (88, 89) pour expliquer l'allure très particulière du bord molassique subalpin en Suisse centrale, en Suisse orientale également.

Il est aujourd'hui tout à fait évident que les complexes molassiques basaux qui précèdent immédiatement le bord alpin sont des complexes charriés. Dans mon territoire, l'ensemble de la Molasse oligocène comporte une telle structure. Mais comme je l'ai déjà exprimé dès 1925 (87) cette Molasse oligocène, qui comprend donc la Molasse d'eau douce et le Grès de la Guiga, s'appuie sur un soubassement autochtone, la Molasse marine, dont le caractère est tout autre.

Dès lors, la Molasse subalpine s'ordonne au point de vue structural de la façon suivante en allant du N au S.

I. Zone de la Molasse marine: Molasse autochtone.

II. Zone des Molasses oligocènes: Molasse charriée.

II. Tectonique de la Molasse marine.

Comme je le laisse prévoir plus haut, la Molasse marine échappe à la formule architectonique énoncée précédemment pour expliquer la structure de la Molasse subalpine. A moins d'un effort tangentiel très considérable et qui n'a cours qu'à l'intérieur des Alpes ou sur leur marge immédiate, pour disloquer en écaillés successives un terrain, il faut que la nature de ce terrain favorise ce genre de dislocations. La Molasse d'eau douce et le Grès de la Guiga avec leurs séries marneuses abondamment interstratifiées

¹⁾ On ne peut guère se fier par exemple aux déterminations paléontologiques de *Dillenius* lorsque parmi les espèces caractéristiques du Miocène on voit cet auteur citer *Gryphea arcuata*!

au milieu des grès se prêtaient particulièrement bien à des mouvements différentiels qui ont conduit ces divers complexes à des chevauchements sur de larges surfaces. La Molasse marine par contre, constituée par de solides assises de nagelfluh et de grès sans presque aucune intercalation marneuse, formait un bloc compact et très homogène que des efforts tectoniques déjà atténués ne pouvaient pas disloquer aussi intensément que les précédents terrains molassiques. Aussi ses caractères tectoniques sont-ils plus simples. Nous avons vu précédemment que les anciens auteurs les ont ramenés à une dislocation essentielle, l'anticlinal principal de la Molasse.

Reconnaissons d'emblée que la réalité de cette dislocation maîtresse est aujourd'hui sérieusement compromise. A l'E de la Singine, *E. Gerber* a montré que cet anticlinal n'existe pas. La limite tectonique qui sépare la Molasse marine de la Molasse oligocène est pour lui la grande affaire. Voyons ce qu'il en est à l'W de la Singine.

Sur la feuille 12 de la carte géologique au 1:100.000, on remarque que la ligne de faite de l'anticlinal passe par la Combert. De part et d'autre de cette ligne, la carte de *Gilliéron* indique des plongements en sens inverse. J'ai mentionné auparavant combien à la Combert les affleurements sont restreints à cause de l'abondance des terrains superficiels. Cependant à bien des endroits on observe parfaitement une inclinaison des assises vers le SSE qui s'accorde d'ailleurs avec l'inclinaison générale de la Molasse subalpine vers le bord alpin. Par contre, je n'ai nulle part remarqué un pendage en sens inverse, donc approximativement vers le N. Au S de la Perrausa, près du P. 881, les assises molassiques mises à découvert dans une petite carrière s'inclinent légèrement vers le SE. Plus au N, mais en dehors de mon territoire, la Molasse est horizontale.

Dans la région du Burgerwald et jusqu'à Plasselb où, dans les limites de mon champ d'étude, la Molasse marine affleure en dernier lieu, partout on voit ce terrain s'incliner vers la chaîne de Flysch. Le plongement est généralement faible, 5° à 15°; il s'accroît très légèrement aux approches de la Molasse d'eau douce.

E. Gerber envisage la Molasse du plateau comme un bloc presque rigide, «eine schwach gefaltete und nach S geneigte Molassetafel» (loc. cit., p. 44), ce qui ne l'engage guère à y admettre une flexure comme le conçoivent *Rollier* et *Buess* pour expliquer l'inclinaison de cette Molasse vers le S. Une discussion purement verbale de ce concept limité serait sans résultat aucun. Toutefois, même si la retombée de la Molasse marine à partir de la ligne de faite de la Combert est faible, cette retombée est cependant générale et marque un caractère différentiel important vis-à-vis du reste de la Molasse du plateau sensiblement horizontal ou affecté de petits bombements purement locaux. Dès lors, le terme de Flexure pris dans un sens restreint, c'est-à-dire n'impliquant pas une retombée égale au plan de chevauchement de la Molasse oligocène — lequel, disons-le de suite, est très oblique —, exprime néanmoins un caractère très particulier du bord S de la Molasse marine. Et c'est avec cette restriction que je l'utiliserai dans la suite.

La ligne de contact de la Molasse marine et de la Molasse d'eau douce. L'existence d'un chevauchement mettant brusquement en contact la Molasse d'eau douce avec la Molasse marine autochtone ressort de l'examen des quelques rares affleurements où ces 2 complexes apparaissent le long d'une même coupe naturelle.

Contact du Fallenbach. Dans la région de la Roche, la ligne de contact est située au N de la Serbache. Elle n'est bien à découvert que dans le Fallenbach. Voici comment *Gilliéron* décrit le contact des deux Molasses: «A la Roche, sur le ruisseau qui se jette dans la Serbache au N de l'église, les deux divisions se retrouvent très près l'une de l'autre. En remontant ce ruisseau, on voit ça et là quelques bancs de molasse et de marne plongeant faiblement au sud-est; cette inclinaison augmente un peu dans les derniers affleurements de ces roches. Après une interruption par la végétation et une petite combe, on arrive à de la molasse verte et dure, qui ne peut être que marine, mais où un clivage rend un peu douteux le plongement. Le ruisseau descend à cet endroit par trois cascades dans du poudingue mêlé de grès, qui paraît ne plonger que faiblement et être en discordance avec la plus grande partie de la molasse verte. Ainsi les couches marines semblent avoir subi des dislocations dans leur intérieur. En outre, à moins d'admettre qu'elles passent sous celles d'eau douce, il faut se représenter une grande faille dans

l'espace où l'on ne voit pas d'affleurement. Un peu plus à l'Est (au S de Zible), la molasse d'eau douce paraît plonger nord-ouest et être même en partie verticale; cette déviation de l'inclinaison générale est un indice de plus d'une ligne de rupture» (10, p. 411 à 412). On n'aurait guère pu mieux décrire un chevauchement et c'est pourquoi j'ai jugé bon de transcrire entièrement ce passage qui montre sous un vocable nouveau un fait parfaitement reconnu par *Gilliéron*.

Des dislocations secondaires accompagnent généralement la ligne de contact partout où l'on peut l'observer. Dans la zone du Burgerwald, elles affectent plutôt la Molasse d'eau douce à cause de l'abondance de ses marnes bariolées tandis que la Molasse marine à faciès conglomératique a mieux résisté. Ce fait s'observe à 2 endroits.

Contact du R. de Schwand de la Riedera. Au S de Montévraz, 3 petits ruisseaux se réunissent un peu en amont de Obersmatt et leur ensemble forme ce qu'on peut appeler le R. de Schwand de la Riedera. En remontant la branche orientale, on suit sur un assez long parcours une succession continue de bancs de grès et de nagelfluh, cette dernière particulièrement riche en blocs de granite rouge et vert; l'inclinaison de ces assises ne dépasse guère 12 à 15°. Vers 960 m. environ, les marnes rouges de la Molasse d'eau douce apparaissent, appliquées contre un banc de grès bleuâtre; le contact direct est toutefois fortement voilé par les débris. Mais un peu en amont, les marnes rouges sont assez fortement redressées et froissées.

Contact de Stalden-Schwändli. A l'E de Derrière-Château, un meilleur affleurement s'observe dans le lit du ruisseau qui passe à l'E de Stalden-Schwändli. Si l'on suit le ruisseau à partir du chemin forestier, on aperçoit d'abord la nagelfluh alternant avec quelques bancs de grès fin et de grès à galets. Le pendage, faible au début de l'affleurement, s'accroît et atteint bientôt 60° vers le SSE. Le contact est vraisemblablement marqué par des marnes jaunes en forte discordance sur une assise gréseuse. La Molasse d'eau douce apparaît de façon certaine 2 à 3 m. plus haut avec des marnes rouges plongeant de 80° vers le S approximativement. Puis à des bancs de grès en position verticale succède un petit repli synclinal; quelques dislocations se font encore sentir jusqu'en face du chalet 983 où l'inclinaison des bancs devient moins prononcée.

Rive gauche de la Gérine à Plasselb. *Gilliéron* a représenté par une figure (10, Pl. XIII, fig. 8) la coupe visible le long de la rive gauche de la Gérine, en arrière de Plasselb. Cette coupe montre plus que ne le dit et ne le représente *Gilliéron*. La Molasse marine qui, au début de l'affleurement, vers le P. 806, plongeait légèrement vers le SSE accentue son inclinaison vers l'amont. Là où finit d'affleurer cette Molasse, on voit des schistes gréseux et des bancs peu épais de grès chevaucher très distinctement les assises très puissantes de la Molasse marine. Des petites cassures compliquent encore ce chevauchement. Il est difficile de reconnaître si les schistes gréseux appartiennent déjà à la Molasse d'eau douce; celle-ci apparaît de façon certaine environ 15 m. plus en arrière en un petit affleurement d'abord, puis assez largement vers le S.

Fallvorsassli. Je rappelle ici pour mémoire et parce qu'il s'agit d'une dislocation très voisine de la région qui nous intéresse, les petits replis dans la Molasse marine si nettement visibles le long de la Singine, à Fall, légèrement au NE de Planfayon (voir pour le détail *Buess*, 68, p. 90, *Gerber*, 86, p. 43 et 44).

Conclusion. Le contact mécanique dû au chevauchement de la Molasse d'eau douce contre la Molasse marine est partout bien évident. Cependant et c'est là un point assez important, cette Molasse entraînée à l'avant et sous la nappe des Préalpes externes n'a pas été charriée sur le bloc de la Molasse marine mais a été plutôt écrasée contre son bord sud infléchi en une large flexure et elle s'y applique suivant un plan de chevauchement très incliné, tout différent du plan de recouvrement de la nappe de Flysch. Cette différence apparaît au mieux si l'on considère les diverses coupes géologiques du bord alpin.

III. Tectonique de la Molasse oligocène.

Sur la zone de la Molasse miocène inclinée chevauche, on vient de le voir, la Molasse oligocène qui constitue une unité tectonique bien déterminée. La Molasse d'eau douce en est dans mon territoire

l'élément principal. L'ensemble de cette Molasse plonge vers le bord alpin; cette inclinaison qui peut varier de 10 ou 15° à 80° est surtout sensible dans la partie supérieure de la série gréseuse.

Un certain nombre de replis secondaires ont affecté cette Molasse. Le plus manifeste apparaît au S de la Roche, dans le R. de Stoutz, à environ 500 m. en amont de la route cantonale. *Dillenius* qui le décrit l'a représenté dans son travail par une photographie. Ce pli est presque couché et ses dimensions sont assez considérables. Dans les autres coupures offertes par les ruisseaux qui débouchent sur la vallée de la Roche on ne retrouve guère trace de cette dislocation dont l'extension latérale paraît ainsi assez limitée. Il est possible toutefois qu'une répercussion de cet anticlinal se fasse sentir jusque dans le R. du Bey où l'on voit à l'W du P. 925 la série gréseuse plonger très fortement. On note également des petites cassures, par exemple le long du chemin qui descend de Montsoflo vers le ruisseau.

Au bas du R. des Roches, là où commence à affleurer la Molasse, on remarque un petit repli anticlinal déjeté, imitation en petit de celui de Stoutz. D'autres menues dislocations sont encore visibles à quelques endroits; je ne m'y arrête pas, car leur valeur est purement locale.

Les replis divers qui accidentent la Molasse d'eau douce donnent à la structure de ce complexe un caractère assez particulier. Le style du Grès de la Guiga comme celui du Grès de Vaulruz est beaucoup plus cassant, très analogue à celui du Grès du Gurnigel. L'esquisse cartographique de *H. Buess* indique jusqu'à 4 écailles dans la région de Bulle. En avant de la Berra, on perçoit l'existence de 2 écailles. L'écaille externe se raccorde vraisemblablement à celle qui passe par Vaulruz et Impart. Située entre la Molasse d'eau douce de la Franière au N et celle de Mont Maffre au S, elle atteint la base du R. de Ruz où elle forme un petit affleurement à l'W de les Troches. Vers l'E, elle se confond très probablement avec l'écaille interne. Cette dernière forme le gros du Grès de la Guiga. C'est sur elle que chevauche le Wildflysch des Paquiers.

Troisième Partie.

Les relations tectoniques de la chaîne de la Berra.

Quelques considérations générales sur la tectonique de la Berra.

Le chevauchement sur l'avant-pays molassique. *Gilliéron* avait déjà signalé le fait que le Flysch de la Berra n'était pas séparé de la Molasse par une « faille verticale », mais qu'il était véritablement refoulé sur la Molasse (10, p. 297). La notion de chevauchement sur de grandes distances introduite dès 1893 par *H. Schardt* dans le domaine préalpin, a donné à la simple observation de *Gilliéron* une ampleur inattendue. Si aujourd'hui personne ne doute de la réalité de ce phénomène, certains géologues le représentent d'une manière assez particulière. Dans les coupes schématiques de *H. Buess*, ce plan de chevauchement est figuré par une ligne presque verticale qui rappelle plutôt une faille. Or, de fait, le Flysch chevauche son substratum molassique suivant un plan presque horizontal, en tous cas fort peu incliné.

Mais il n'y a pas que la nappe des Préalpes externes qui chevauche le bord méridional du plateau molassique. Sous elle et chassés en avant, des complexes molassiques empiètent également sur cette marge méridionale. C'est le cas de la *Molasse d'eau douce* et du *Grès de la Guiga* dont la formule tectonique est la même que celle des formations alpines qui leur font suite. Arrachés bien en arrière du bord actuel de la Molasse, ces complexes forment un système d'écaillés appliqué contre des formations plus résistantes. Alors qu'à l'E de l'Aar les molasses oligocènes à faciès essentiellement conglomératique offraient une résistance assez efficace à la progression des nappes alpines (25), ces mêmes Molasses ne pouvaient pas, dans le territoire qui nous intéresse ici, remplir un rôle analogue. Avec leurs séries marneuses si abondamment intercalées au milieu des grès et presque totalement dépourvues de nagelfluh, elles ne pouvaient guère mettre un terme à l'avancée des nappes préalpines. Grâce à la docilité de leurs assises, elles ont été entraînées par le Flysch et ont servi en quelque sorte de coussin entre l'obstacle et la nappe préalpine.

Le véritable obstacle à la poussée alpine a été le bloc compact de la *Molasse marine*. C'est le seul terrain qui paraisse reposer solidement en profondeur et nous avons vu précédemment que l'assaut alpin n'a pu qu'infléchir ses bancs en une large flexure.

À l'W de la Singine, la nagelfluh appartient presque exclusivement à la Molasse marine ; encore cette nagelfluh n'occupe-t-elle que des surfaces restreintes, ne constituant qu'un seul centre un peu individualisé, celui de Derrière-Château. Toutefois, la position de ce petit butoir est assez importante, car il a été un obstacle beaucoup plus immédiat que les autres hauteurs molassiques situées plus à l'W. L'incurvation que subit le front alpin dans la plaine de Bulle a pour effet de situer à une certaine distance le massif obstacle molassique représenté par le Gibloux. Mais graduellement, vers l'E, la chaîne préalpine se rapproche de l'obstacle molassique et Derrière-Château marque, précisément, le point à partir duquel le front alpin suit dans ses grandes lignes l'alignement dessiné par la Molasse miocène, à faciès conglomératique pour une bonne part (Derrière-Château, Guggisberg, Giebelegg). Cette série de petits massifs est située à peu près sur cette ligne tectonique à laquelle on a donné le nom de « d'anticlinal principal de la Molasse ». Bien que cet anticlinal n'existe ni dans ma région, ni à l'E de la Singine (*Gerber*), la signification de cette ligne tectonique est très importante parce qu'elle marque la limite entre la Molasse charriée par les Préalpes et la Molasse autochtone. Son rôle est également très évident dans le développement de l'arc du Cousimbert.

L'arc du Cousimbert. À l'W du sommet de la Berra, la carte géologique montre un phénomène bien particulier sur lequel j'ai déjà attiré l'attention. Une forte montée axiale amène le Wildflysch jusque

sur la crête maîtresse qui conduit de la Berra vers les Paquiers. Mais en avant de la crête, le Grès du Gurnigel interrompu depuis la Rescherne forme une paroi de près de 500 m. d'épaisseur, la Joux de Villaret. Ce point marque un changement profond dans la direction et l'allure de la chaîne.

De l'E de Villarvolland, par l'arête des Paquiers jusqu'aux abords du sommet de la Berra, la chaîne de Flysch a un front presque rectiligne. Ce même caractère se retrouve à l'E de la Singine où l'arête de Hellstätt se poursuit régulièrement et sensiblement en ligne droite vers la Pfeife et au delà.

Entre ces 2 segments réguliers, la chaîne de Flysch acquiert une épaisseur énorme en même temps que son front dessine une convexité bien marquée qui a son maximum sur la transversale Derrière-Château-Thoosrain. La Joux de Villaret représente le début de cet arc externe du Flysch qui, par la crête du Cousimbert, s'avance vers le plateau molassique. Les multiples débris de Wildflysch trouvés sur la colline de Derrière-Château semblent bien prouver que le Flysch a chevauché jusqu'en ce point qui est précisément la portion de la Molasse marine la plus proche du bord préalpin actuel. A partir de ce point vers l'E, ou, si nous revenons à ce qui est visible aujourd'hui, à partir de Rapposereaux (E du Creux des Pierres), la chaîne prend une direction W-E approximativement, direction qu'elle conserve jusqu'à la Singine. Nous avons vu que la partie la plus avancée de l'arc est en outre affectée de décrochements horizontaux provoqués très certainement par des résistances dans le substratum molassique déjà érodé.

L'action des Préalpes médianes sur le Flysch de la Berra.

C'est sous la poussée des Préalpes médianes que les Préalpes externes ont largement débordé sur la région molassique. La partie frontale des Préalpes médianes porte des traces très nettes de cette action exercée plus particulièrement sur la marge méridionale de la chaîne de Flysch. J'ai déjà fait allusion auparavant à ces plis bordiers, étroits et imbriqués, quelquefois écrasés, représentés principalement par les petits massifs du Hochmättli, du Thoosrain et de l'Arsajoux. En face, le Flysch montre des phénomènes analogues et il est inutile de revenir sur la zone si fortement écrasée des Echelettes, de la Magnenaz et du Fallenbach. On reste toutefois étonné de voir que, directement au-dessus du Lac Noir, les séries gréseuses et gréso-marneuses accusent dans leur ensemble une grande tranquillité. Bien ouvertes à l'affleurement, on y cherche en vain des dislocations que le voisinage du bord chevauchant des Médianes laisserait prévoir. Ce n'est que plus en avant, dans les régions internes, qu'apparaissent ces profondes dislocations mises au jour dans les coupures d'érosion du Höllbach, de la Singine et des autres torrents tributaires. Il me paraît dès lors légitime d'envisager un déplacement en bloc de certaines portions méridionales du Flysch sur les zones internes. Celles-ci, très vastes et abondamment pourvues en marnes paraissent avoir amorti et comme absorbé le gros de la poussée exercée par les Médianes.

Le lieu d'origine du Flysch de la Berra.

Le Flysch de la Berra considéré comme autochtone.

Aussi longtemps que l'existence des nappes n'était pas reconnue, il ne serait guère venu à l'esprit de quelqu'un de séparer en des unités tectoniques radicalement distinctes les diverses régions de Flysch des Préalpes. *B. Studer, V. Gilliéron, H. Schardt et E. Favre*, qui avaient subdivisé le Flysch préalpin en un certain nombre de zones, le considéraient néanmoins comme s'étant déposé là où il se trouve aujourd'hui. D'ailleurs, faute d'un examen très approfondi, on ne discernait entre ces diverses zones aucune différence bien tranchée qui eût permis d'emblée de soupçonner des origines variées.

Cependant quelques particularités propres à certaines d'entre elles n'avaient pas entièrement échappé. Déjà la première zone de Flysch, celle du Niremunt-Berra-Gurnigel, était traitée un peu à part des zones suivantes que je rappelle brièvement:

- 2^e zone *a*) ou zone du synclinal gruyérien,
- 2^e zone *b*) ou zone d'Ayerne-Vert Champ-Reidigen,
- 3^e zone ou zone des Gastlosen,
- 4^e zone ou zone Rodomont-Hundsrück-Simmental.

A ce sujet, *H. Schardt* écrivait en 1887: «Le flysch qui compose la zone Vert Champ-Ayerne a été déposé dans une anse qui communiquait largement avec la mer au SE, mais très probablement peu ou pas du tout avec celle où s'est déposé le flysch de la première zone. Cela explique déjà la ressemblance des dépôts de flysch de la deuxième zone et de la troisième zone et leurs divergences assez grandes avec la première» (12, p. 185).

Le Flysch de la Berra est un Flysch charrié.

En 1893, *H. Schardt* émet l'hypothèse des nappes de charriage dans le domaine préalpin (17). Une des conséquences immédiates de cette découverte mémorable est d'établir l'autonomie de certaines zones de Flysch. C'est le cas pour le Flysch de la zone externe: la Berra comme d'ailleurs tout l'ensemble des Préalpes externes n'est pas enracinée en avant des Préalpes médianes. C'est une masse charriée que des mouvements tectoniques divers et puissants ont finalement amenée jusque sur la Molasse. En outre, les Préalpes externes sont, de par leur origine, distinctes des Préalpes médianes, le Flysch des Préalpes externes est, tectoniquement comme stratigraphiquement, indépendant du Flysch des Préalpes médianes.

Rappelons cependant qu'en 1901, *M. Lugeon*, dans son célèbre mémoire sur les nappes de recouvrement, n'avait pas complètement écarté l'éventualité d'un raccord entre les Flysch des deux régions préalpines: «Je me suis demandé quelquefois si ce Flysch de la zone externe n'appartenait pas aux Préalpes médianes» (21, p. 753). *M. Lugeon* invoquait à ce propos le Flysch sur lequel repose les Klippes de la Suisse centrale qu'on envisageait alors comme l'homologue du Flysch des Préalpes médianes. Cette opinion de *M. Lugeon* fut de suite combattue, par *H. Douxami* (24, p. 131). Mais c'est en somme là un détail, car depuis 1898 l'individualité tectonique des deux grandes unités préalpines n'a été sérieusement contestée par personne, au moins en Suisse.

Un problème autrement délicat est de savoir si le Flysch des Préalpes externes est identique ou non à cet autre grand complexe englobé jusqu'alors dans la masse des Préalpes, le Flysch du Niesen.

En 1893 et, plus expressément, en 1898, *H. Schardt*, s'appuyant sur des faits qui relèvent de la tectonique et de la stratigraphie, se refuse à séparer le Flysch du Niesen de celui des Préalpes externes. Il a maintenu ce point de vue à plus d'une reprise et on le trouve partagé par nombre de géologues, par *P. Beck* notamment.

En 1894, *C. Sarasin* était arrivé par ses études pétrographiques sur les brèches du Flysch à des conclusions tout autres. Selon *Sarasin*, les deux Flysch ont des lieux d'origine différents. Lui aussi maintient son hypothèse dans la suite, hypothèse partagée également par plusieurs géologues.

J'en viens maintenant à l'emplacement originel du Flysch des Préalpes externes; d'ailleurs, l'origine du Flysch du Niesen est liée de façon très étroite à ce problème.

L'emplacement originel du Flysch des Préalpes externes.

Dès 1911, *E. Argand*, sur sa carte structurale des Alpes occidentales et dans ses coupes à travers les Alpes, distingue 2 parties dans le Flysch des Préalpes externes (38). La partie actuellement la plus externe est teintée de même façon que le Nummulitique des nappes helvétiques et ultrahelvétiques (nappe du Mont Bonvin). La partie interne est rangée avec un système d'unités tectoniques assez diverses à origine plus méridionale.

En 1914, deux communications importantes de *M. Lugeon* apportent des précisions de valeur sur l'enchaînement tectonique des zones de Flysch (51, 52). *M. Lugeon* rattache au front de la nappe du Grand Saint-Bernard le Flysch du Niesen auquel il adjoint encore celui des Schlieren au NE du lac de Thoune, celui des Aiguilles d'Arves sur territoire français.

En 1916, nouvelles précisions de *M. Lugeon* (56). Le Flysch du Niesen raccordé au front de la nappe du Grand Saint-Bernard est nettement mis à part de celui d'Habkern. Le Flysch des Préalpes internes comme celui d'Habkern, célèbre par ses fameux blocs exotiques, sont à situer en avant de la grande nappe pennique: «Les blocs (exotiques) ne peuvent originellement provenir que des régions où se sédimentait le Flysch, soit de dessous les nappes penniques, ou du front des plus profondes.»

En 1918, *A. Buxtorf*, après avoir montré la liaison intime du Flysch d'Habkern avec le complexe gréseux des Schlieren, sépare, lui aussi, expressément, ce Flysch de celui du Niesen rapporté également à la nappe du Grand Saint-Bernard. Au Flysch d'Habkern et des Schlieren se raccordent par contre le Flysch de la zone des Cols et celui des Préalpes externes.

Cette même interprétation se retrouve dans la «*Geologie der Schweiz*» où les «*verschürfte Flyschmassen*» (zone interne et externe des Préalpes, le Flysch de la zone subalpine et celui d'Habkern, etc.) sont situées originellement au S de la nappe du Wildhorn mais en avant du Flysch pennique du Niesen (58, II, p. 349).

Dans son «*Bau der Alpen*», *R. Staub* croit pouvoir raccorder le Flysch du Niesen à la nappe de la Dent Blanche, celui du Gurnigel à la nappe du Grand Saint-Bernard (83, p. 53/54); c'est d'ailleurs là une hypothèse émise par ce géologue dès 1917. Mais, contrairement aux auteurs précédents, il distingue le Flysch des Préalpes inférieures de celui d'Habkern et des Schlieren; le premier est pennique, le second helvétique ou ultrahelvétique; et sur sa carte tectonique, alors que le Flysch des Préalpes inférieures est rangée avec les sédiments penniques, le Flysch des Schlieren n'est pas discerné des éléments helvétiques.

En 1925, j'ai envisagé une solution quelque peu différente pour expliquer la provenance des matériaux constitutifs du Flysch des Préalpes externes (87). Comme je l'écrivais alors il ne s'agit nullement de nier les raccords démontrés par *M. Lugeon* entre les Préalpes inférieures et les nappes helvétiques. Mais au lieu d'attribuer les matériaux constitutifs du Flysch de la Berra à la destruction de massifs granitiques situés en avant de la zone du Grand Saint-Bernard, me basant sur l'étude des blocs exotiques si variés trouvés dans le Wildflysch de la Berra, j'ai envisagé une origine austro-alpine inférieure de la grande majorité de ces blocs.

S'il en est bien ainsi, on est conduit à admettre au Lutétien et probablement dès l'Eonummulitique le déferlement des nappes austro-alpines inférieures dans la direction de la région helvétique, déterminant alors un rétrécissement du grand géosynclinal pennique. Ce dernier, durant le Mésonummulitique, période de rémission relative, va se combler activement des produits de démantèlement de ces nappes et l'énorme épaisseur du Flysch des Préalpes externes se conçoit dès lors. Au cours des grands paroxysmes oligocènes, ce Flysch, chassé hors de sa fosse, va entraîner dans sa marche des éléments structuraux arrachés au bord interne de la région helvétique: Montsalvens, Pléiades, lames étroites de la Berra. Finalement, au Pontien, un dernier paroxysme aboutit au charriage des Préalpes externes sur les Molasses oligocènes et jusque sur la Molasse marine.

Quatrième Partie.

Terrains quaternaires.

Chapitre premier.

Glaciaire.

I. Généralités.

En dépit de leur abondance, les dépôts quaternaires de la Berra ont été assez peu étudiés. On trouve dans *Gilliéron* un certain nombre de détails relatifs aux dépôts laissés par le glacier du Rhône et par des glaciers secondaires des Préalpes; il n'y a rien par contre pour ce qui concerne les glaciers locaux, ce géologue ayant exclu la possibilité d'existence de tels glaciers à cause de la faible altitude de la région.

F. Nussbaum, dans sa belle monographie de 1906 (26), après avoir repris la question du glacier du Rhône et celle du glacier de la Singine, a décrit de nombreux phénomènes dûs à de petits glaciers locaux dans le domaine de la Berra.

En 1912, *B. Aeberhardt*, dans une importante communication (48), a apporté de nouvelles précisions sur les formations quaternaires de Plasselb et de Planfayon.

.....

J'ai distingué dans le terrain glaciaire les dépôts laissés par les glaciers suivants:

- I. Glacier du Rhône.
- II. Glaciers de la Singine et du Javroz.
- III. Glaciers locaux de la Berra.

II. Glacier du Rhône.

Dans la chaîne de la Berra, le glacier du Rhône a laissé des dépôts datant des 2 dernières glaciations, glaciation de Riss et glaciation de Würm.

1° Glaciation de Riss.

Entre le Montsalvens et la Gérine.

Ni sur le versant externe du Montsalvens et des Paquiers, ni le long du bord frontal de la Berra et du Cousimbert, on ne constate des traces certaines de cette glaciation. C'est que depuis longtemps les innombrables éboulis du Flysch et du Grès de la Guiga ont enseveli les dépôts glaciaires un peu élevés. Les blocs erratiques découverts par *Gilliéron* au col de la Bodevenaz à 1260 m. d'altitude (10, p. 240) et par *F. Nussbaum* dans le R. de la Guiga, vers 1200 m. (26, p. 24) datent du maximum de Würm. Ce n'est qu'à l'W de la Gérine que j'ai trouvé des vestiges de la 3^e glaciation. Grâce à la descente assez rapide de la surface supérieure du glacier du Rhône à l'époque würmienne, il devient plus aisé d'identifier les dépôts du glacier rissien. A Grosschwand (1047 m.), j'ai trouvé un bloc de gneiss œillé; là encore les débris du Flysch sont trop abondants pour que les roches erratiques se retrouvent facilement. On a de meilleures conditions aux abords de Römerswylschwand et de Lauperschwand. C'est surtout au S de Römerswylschwand que les restes glaciaires sont le mieux visibles grâce à de forts glissements qui ont déchiré le sol. Des blocs de poudingue permien mesurent plusieurs m³. Le Flysch apparaît

également en blocs volumineux ainsi qu'en bancs superposés, indiquant des éboulements tombés à la surface du glacier alors qu'il frôlait la paroi rocheuse. Au delà de 1050 m., les éboulis du Flysch recouvrent complètement le sol.

Entre la Gérine et la Singine.

En arrière des terrasses fluvio-glaciaires dont il sera question plus loin, les dépôts rissiens n'ont jamais été signalés, à une exception près; ils sont pourtant très abondants. Au S de Plasselb, dans l'Allmend, on remarque d'assez fréquents galets rhodaniens en compagnie de très gros blocs de Flysch parvenus là par l'intermédiaire du glacier. A cause de l'abondance des débris descendus du Grossrain, le glacier ne se voit tout d'abord pas au delà de 1000 m. Mais à mesure qu'on se dirige vers la Singine, ce terrain apparaît de plus en plus haut. Un peu à l'E du P. 955, vers 1005 m., j'ai trouvé dans une clairière récemment boisée un gros bloc de poudingue permien. Plus à l'E encore, autour du P. 999, le placage glaciaire a glissé partiellement dans le ruisseau; on peut juger de sa puissance, assez considérable. Un bloc erratique de 3 m³. se remarque à l'E du chemin qui monte du P. 999 vers la hauteur 1060; tout autour de lui sont disséminés une quantité d'autres blocs plus petits. Dans cette région les dépôts erratiques montent jusqu'à 1100 m. Au S de Schnurtbart, on en trouve jusqu'au Flysch; ils sont très abondants en dessous du P. 1080. Mais c'est le Tiefengraben qui permet le mieux de se rendre compte de l'importance des dépôts glaciaires en arrière de Planfayon. En quittant le Flysch, le ruisseau a creusé un lit assez large dans une épaisse couverture morainique qui peut atteindre 40 m.; c'est un mélange en proportion variable de cailloux rhodaniens et de débris de Flysch. Au S de Planfayon, *F. Nussbaum* a mentionné des blocs laissés par le glacier du Rhône à Gauchheit, et jusque vers 960 m. (26, p. 24). Mais ces blocs qu'on trouve d'ailleurs bien au delà de 960 m. datent non pas du maximum würmien mais de la 3^e glaciation.

Limites supérieures sur le versant externe du Schweinsberg.

Au delà de la limite inférieure du Flysch, on continue à trouver des débris du glacier du Rhône. Si l'on remonte le Tiefengraben dans sa partie creusée dans le Flysch, on les observe abondamment, soit vers la courbe 1100, dans les berges, soit au bord du sentier qui longe le ruisseau, entre les P. 1162 et 1250. Un bloc qui ne laisse pas d'équivoque est celui qui gît dans le lit du ruisseau parmi d'autres blocs de Flysch vers 1260 m., donc un peu en dessous du P. 1279: c'est un bloc de poudingue rouge permien de 12 à 15 m³. Vers 1300 m., le glacier local domine nettement; ce n'est qu'en bien cherchant que j'ai fini par découvrir quelques petits cailloux de poudingue permien en dessous de Im Kommet. D'autres roches erratiques rhodaniennes sont disséminées près de Lehmannsbergli. Enfin, dans le lit du petit ruisseau qui coule de l'E de Blösch vers le P. 1279, à l'altitude de 1440 m., j'ai découvert encore quelques petits galets de poudingues permien et de Vallorcine. C'est le point le plus élevé du versant externe du Schweinsberg où il m'aît encore été donné de reconnaître des vestiges certains du glacier du Rhône.

Régions internes.

A l'intérieur de la chaîne de la Berra, j'ai observé à bien des endroits des traces de la glaciation de Riss.

a) *Plasselbschlund*. D'assez nombreux cailloux rhodaniens se remarquent jusque vers la Lenzburgera; la construction d'un nouveau chemin forestier qui a nécessité l'établissement de tranchées dans le glacier local m'a permis d'observer quantité de tels blocs. Plus haut, au S de la Gipsfluh, à 1200 m., dans le lit du ruisseau qui passe à Warennä, j'ai découvert un bloc de poudingue de Vallorcine de 1/2 m³. Sur le versant gauche du Plasselbschlund, les matériaux rhodaniens ne sont pas rares; certains, remaniés, apparaissent au milieu des dépôts des glaciers locaux de la Paradisa et de la Wusta. Des petits blocs et des cailloux de Malm noir helvétique, de poudingue permien, de micaschistes, etc., se remarquent près de Palliesse et assez communément autour du chalet inférieur de la Wusta (1275), puis aux abords de Poferdä, à 1270 m.; les plus élevés atteignent 1300 m.

Dans la partie N du Kapberg, entre les chalets de Tature 1131 et 1009, j'ai recueilli aussi des cailloux de Malm et de poudingue permien.

b) *Versant oriental du Schweinsberg.* Au lieu de débris épars comme on peut s'y attendre lorsqu'on s'occupe de dépôts datant de la 3^e glaciation, j'ai trouvé une vraie couverture morainique sur le versant externe du Schweinsberg; évidemment les débris du Flysch y sont encore abondants, ce qui est inévitable dans un tel terrain.

Au S de Im Kloster, dans la forêt de Kneuwisstiege, les matériaux glaciaires sont nombreux; on le constate facilement en suivant le chemin passant par le P. 1019. Un revêtement morainique inattendu couvre toute la région de Im Kneuwis: les matériaux apportés par le glacier du Rhône arrivent presque à égaler les éboulis du Flysch. Les eaux qui les traversent ont déposé du tuf calcaire à 3 endroits; l'amas le plus important est celui situé à l'E du *e* de Kneuwis. L'existence de tels amas est une preuve bien nette du grand développement du glaciaire rhodanien dans cette région, le tuf calcaire faisant presque entièrement défaut dans le Flysch et dans les dépôts qui en dérivent directement.

Au S du Zollhaus, dominant la Singine, le glaciaire recouvre plusieurs monticules. Les débris en sont particulièrement nombreux à la lisière supérieure de la forêt de Hohenstein, vers le P. 1042, puis autour du chalet 1141. Jusqu'à 1300 m., on en trouve encore fréquemment. Le plus élevé, un petit bloc de Malm, a été recueilli à 1350 m. De gros blocs erratiques de poudingue permien s'observent près du *w* de Kneuwis, puis au NW du chalet 1052. Le ruisseau qui passe au N de Sittenvorsatz a son lit entièrement dans la moraine. De même, les pentes qui avoisinent le chalet 1132 sont déchirées par quelques petits ravins où l'on voit de nombreux débris rhodaniens; un grand bloc erratique s'aperçoit près de ce chalet. Il en est également ainsi autour de Lugiwilera; les ravins au NE du chalet sont taillés dans la moraine rissienne; au N du ravin principal, légèrement dans la forêt, j'ai découvert un magnifique bloc de poudingue permien atteignant plusieurs m³.

La grande majorité des débris visibles dans le ravin du Steinbach au-dessus de Herrenkneuwis appartiennent au glaciaire local. A cet endroit, le glacier descendu de la niche du Blattisboden a accumulé une moraine frontale. J'ai cependant trouvé au milieu de ces débris quelques petits blocs rhodaniens, du poudingue permien surtout; le bloc le plus élevé a été découvert à 1380 m.

Région Hellstätt-Ettenberg.

Gilliéron avait fait dans la région de Hellstätt une importante découverte qui permit d'emblée d'attribuer au glacier du Rhône une haute altitude lors de son extension maximale: à l'E des Bains d'Ottenleue, légèrement en dehors de mon territoire, il découvrit, à 1340 m., un gros bloc de poudingue de Vallorcine (10, p. 250). Cette trouvaille importante, déjà bien mise en lumière par *Gilliéron* lui-même, a été dans la suite largement utilisée comme point de repère par *Nussbaum* (26, p. 25), *Horwitz* (53), etc.

Dans ce secteur, je n'ai pas trouvé à une aussi haute altitude des témoins de la glaciation de Riss: à moins de gros blocs, c'est plutôt une affaire de hasard. Cependant, dans le lit du ruisseau qui coule à l'E de Martene, à 1270 m. approximativement, j'ai découvert un bloc de 1 m³ de poudingue permien. Un petit dépôt rissien s'observe près de Stampferli; malgré l'abondance des éboulis du Flysch, on reconnaît de nombreux petits blocs abandonnés là par le glacier du Rhône (poudingue permien, Malm helvétique, etc.). Au S de Stampferli, ces blocs sont mêlés au glaciaire singinois. Il est fort possible que le tuf calcaire qu'on voit au S de Oberste Seite provienne du lessivage de dépôts rhodaniens actuellement ensevelis sous les éboulis récents. Je mentionnerai enfin quelques matériaux rhodaniens près de Ober-Märtisgräbli.

Sur le versant N de l'Ettenberg, les affleurements sont trop restreints pour qu'il soit possible de reconnaître l'existence certaine d'une moraine de fond rhodanienne, comme c'est un peu le cas sur le même versant du Schweinsberg. On observe par contre un certain nombre de blocs erratiques. J'ai trouvé un bloc de poudingue permien au S de Gutmannshaus. Un autre bloc de la même roche, celui-là énorme, forme une grosse saillie dans le pâturage, 20 m. en dessous de Kriessendori; c'est un des plus volumineux de la Berra, car il mesure 25 à 30 m³. Quelques petits blocs se remarquent à l'W de Wissen-

bachera, à la lisière de la forêt. J'ai encore découvert des blocs erratiques à quelques endroits sur le versant W de l'Ettenberg; ils sont assez abondants autour d'un chalet situé à l'W de Bergschwand, vers 1270 m.; j'ai noté un gros bloc de poudingue permien au N de Metzgerli, vers 1200 m. environ.

Entre la Valsainte et le Lac Noir.

Les blocs erratiques qui gisent aux abords du couvent de la Valsainte datent de l'extension maximale würmienne du glacier du Rhône. Par contre, ceux qu'à signalés *O. Büchi* dans la forêt de la Valsainte par 1220 m. d'altitude sont attribuables au glacier rissien (78, p. 68). J'en ai également aperçu d'assez nombreux dans le lit d'un petit ruisseau non cartographié qui coule approximativement entre les P. 1235 et 1246, puis d'autres mélangés au glaciaire local à l'E des Petits Creux.

F. Nussbaum a déjà mentionné la présence de blocs de poudingue de Vallorcine près des Echelettes, à l'altitude de 1280 m (26, p. 24). En dépit d'un remaniement important dû au développement du glaciaire local, il est assez facile de découvrir des petits blocs rhodaniens. Il y en a de nombreux derrière le chalet 1231.

En 1914, *L. Horwitz*, dans une courte communication (53), a signalé des blocs erratiques de Flysch trouvés sur le versant N des Préalpes médianes, à l'altitude considérable de 1440 m., par exemple au-dessous de Bigitoz (NW de Patraflon). Il conclut de cette découverte que le glacier du Rhône a jadis passé par le col de la Ballisaz (1416 m.) de la vallée de la Valsainte dans celle du Lac Noir. Mes observations n'ont fait que confirmer cette déduction d'*Horwitz*. C'est ainsi que tout autour du chalet de Thoosrain (1401 m.), situé sur le Lias, on voit quantité de roches du Flysch, en particulier des petits blocs de grès grossiers à Nummulites. On a la réciproque sur le Flysch: au N de la Magnenaz, entre les P. 1535 et 1530, j'ai trouvé quelques blocs de corneule et de calcaire dolomitique.

De même, au N des Echelettes, à Hauta-Schiaz d'en Haut, j'ai observé des vestiges très élevés abandonnés par le glacier du Rhône. Un peu à l'E du chalet, légèrement au N du chiffre 6 de 1460, j'ai récolté une dizaine de cailloux de Malm fortement griffés; certains dépassaient la grosseur du poing. Ces derniers débris erratiques attestent donc que le glacier du Rhône s'est écoulé non seulement par la vallée de la Singine, mais encore par les vallées de la Gérine et du Höllbach vers Plasselb.

Les terrasses fluvio-glaciaires de Plasselb-Planfayon.

Les villages de Plasselb et de Planfayon sont situés sur l'axe d'une ancienne dépression longitudinale creusée approximativement au contact de la Molasse marine et de la Molasse d'eau douce. Cette dépression doit en tous cas être antérieure à la glaciation de Riss. Elle a été peu à peu comblée par des dépôts diluviaux qui s'étagent aujourd'hui en terrasses emboîtées les unes dans les autres. Ces terrasses admirablement bien dessinées à Plasselb comme en arrière de Planfayon forment un double système auquel on peut fort bien laisser la dénomination de «haute terrasse» et de «basse terrasse» que leur a donnée *Aeberhardt* et qui indique au mieux leur situation respective.

Je profite pour discuter ici certains résultats apportés par *Aeberhardt*. Cet auteur, pour les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires des bassins de Plasselb et de Planfayon, a établi la stratigraphie suivante:

- 1° Alluvions antérieures à la haute terrasse.
- 2° Haute terrasse interglaciaire.
- 3° Moraines de la glaciation de Riss.
- 4° Basse terrasse interglaciaire.
- 5° Argile glaciaire et alluvions contemporaines de l'extension maximum du glacier du Rhône (glaciation de Würm).

Mes recherches m'ont conduit à une interprétation différente de la haute terrasse et de ce fait la chronologie des dépôts se trouve sensiblement modifiée.

La haute terrasse domine à l'E de 60 à 70 m. le village de Plasselb où elle forme le plateau de Tschüpplern. Au S de Ober Tschüpplern, le long du sentier qui conduit de la maison 943, on observe, de bas en haut, les dépôts suivants à partir du ruisseau:

1 ^o Molasse d'eau douce.	5 m.
2 ^o Alluvions fluvio-glaciaires assez grossières partiellement cimentées	env. 10 m.
3 ^o Sable lité	3 m.
4 ^o Alluvions fluvio-glaciaires constituées par du sable mélangé de cailloux de grandeur variable, visible sur	6 m.
Une vingtaine de mètres plus à l'E, on a une coupe un peu différente; de bas en haut, on relève:	
1 ^o Molasse d'eau douce	4 m.
2 ^o Lits de galets mêlés à du sable	10 m.
3 ^o Lits de cailloutis et de petits blocs cimentés en une nagelfluh assez solide qui détermine une petite paroi rocheuse	10 m.

Cette nagelfluh glaciaire peut atteindre une puissance de 15 à 20 m.; c'est elle qui donne au plateau de Tschüpplern un relief si évident. On la voit bien à découvert sur le versant E du plateau en dessous de la maison 992, puis sur le versant N en dessous de Ober Tschüpplern. On la retrouve pareillement au N de la route cantonale.

Sur ce plateau, *Aeberhardt* a signalé l'existence de petits blocs dans un lehm oxydé (loc. cit., p. 765); je n'ai pas retrouvé ces vestiges, pas plus que je n'ai observé une trace certaine de dépôts morainiques.

En arrière de Planfayon, la terrasse d'alluvions a un talus moins accentué qu'à Tschüpplern; elle est nettement adossée à la moraine rissienne de sorte qu'il devient très difficile de faire la part du terrain morainique et du terrain fluvio-glaciaire. Elle forme les hauteurs de Hapfern, puis celles de Gauchheit; là de nouveau elle est mieux marquée.

Le fait qui s'impose de cette description est que la haute terrasse n'est pas recouverte par de la moraine rissienne, ce qui n'eût pas manqué de se produire si, comme le veut *Aeberhardt*, elle eût été formée avant la glaciation de Riss. Pour moi, la haute terrasse n'est pas rissienne, mais plutôt post-rissienne. C'est une formation interglaciaire, représentant le remblayage de la dépression Plasselb-Planfayon après le retrait du grand glacier rissien. Puis au colmatage de cette dépression a succédé une période d'érosion. La Singine s'est creusé un lit qui pour une bonne part court parallèlement au cañon actuel. De même la Gérine.

La fin de l'interglaciaire Riss-Würm a mis un terme à cette phase érosive. L'arrivée du grand glacier würmien qui va se mettre en travers des vallées descendant du bassin de Plasselb-Planfayon va déterminer un premier remblayage de la basse vallée par les alluvions grossières. Latéralement, vers Mühlern, la moraine de fond du glacier du Rhône paraît recouvrir ces alluvions pour autant qu'on peut le discerner.

Je décrirai brièvement plus loin ces alluvions grossières qui sont surmontées d'argile rubannée et de cailloutis fluvio-glaciaires. Mais puisque je traite ici de la stratigraphie des formations glaciaires de Plasselb-Planfayon, voici en quelques mots le moment du dépôt des 2 autres niveaux constitutifs de la basse terrasse. Pour *Aeberhardt*, le dépôt de l'argile glaciaire est quelque peu antérieur à la phase maximale de Würm. Je l'envisage comme contemporain de cette phase, ce que *Aeberhardt* ne nie pas d'ailleurs expressément. Car cette argile est partout recouverte, là où elle existe, par les cailloutis de la partie supérieure de la basse terrasse. Pour *Aeberhardt*, ces dernières alluvions sont également contemporaines de l'extension maximale. Mais comme on les voit se continuer à l'E de St-Sylvestre, donc dans une région occupée au maximum de Würm par le glacier du Rhône, on est conduit à les dater d'une phase postérieure durant laquelle le front du glacier a déjà quelque peu reculé.

Alluvions anciennes de la Roche.

Les dépôts fluvio-glaciaires du R. de Stoutz remplissent le thalweg d'une vallée creusée autrefois dans la Molasse d'eau douce et dont l'axe était en gros parallèle à la vallée actuelle de la Roche. Vers le NE, on retrouve quelques alluvions près de Sur la Roche. Vraisemblablement cette vallée se poursuivait au N vers Montévraz-dessus qui occupe l'axe d'une ancienne vallée; peut-être que les alluvions de Sonnenwil en marquent dans mon territoire la continuation la plus septentrionale. Au SW du R. de Stoutz, cette dépression se continue en direction vers Hauteville-Corbière. Les alluvions qu'on observe

dans le R. de Ruz sont sans doute le prolongement de celles du R. de Stoutz; elles sont bien visibles en dessous du P. 936 (S de les Comballes).

C'est toutefois au S de la Roche, en dessous de le Bey, dans l'espace situé entre les ruisseaux du Bey et de Stoutz qu'il est le plus aisé de les étudier. Les grands ravins qui déchirent les berges du R. de Stoutz sont précisément creusés dans ces alluvions dont la puissance atteint alors 60 à 80 m. Au-dessus de la lettre R du R. de Stoutz, on a, de bas en haut, la coupe suivante:

1 ^o Molasse d'eau douce.	environ 7 m.
2 ^o Argile glaciaire, litée	12 m.
3 ^o Alluvions fluvio-glaciaires constituées par l'alternance de lits de cailloutis et de bancs de sable	60 m.

L'argile rubanée est d'épaisseur variable: au-dessus du chalet 834 elle n'a guère plus de 2 à 3 m. Sa présence a donné naissance à de nombreux glissements de terrain, surtout intenses au SE de Berret. Dans les berges du R. du Bey, à l'W de Rochetta, on voit un lit d'argile de 2 m. d'épaisseur environ; ici l'argile repose sur des alluvions assez grossières; à son tour elle est surmontée de dépôts fluvio-glaciaires faits de lits de sable et de cailloutis.

Aux abords du R. de Stoutz, on a la preuve d'un double lit ou, ce qui est plus probable, la trace d'un ancien méandre. En effet, les alluvions occupent un large espace au Petit Creux d'une part, au Gros Creux d'autre part, donc plus au N; dans l'entre-deux, la Molasse d'eau douce apparaît comme en un îlot rocheux aux Aspects.

Ces alluvions sont recouvertes par la moraine du glacier du Rhône de la période de Würm; il est dès lors légitime de les rapporter à une période antérieure; ils datent vraisemblablement de l'interglaciaire Riss-Würm.

2^o Glaciation de Würm.

a) Blocs erratiques.

J'ai signalé la plupart des blocs erratiques qui appartiennent à la glaciation de Riss: ils sont des repères précieux dans la détermination de l'altitude maximale atteinte par le glacier du Rhône, et, à l'exception d'un seul, n'ont jamais été mentionnés. On a vu que la majeure partie d'entre eux apparaissent sur les versants du Schweinsberg.

Mais l'immense majorité des blocs erratiques datent de la dernière glaciation. De Hauteville à Plasselb, si l'on fait exception pour quelques-uns dans la zone de Römerswilschwand, tous sont attribuables au glacier würmien. Partout ils sont très abondants, notamment autour de la Roche et dans les environs de Montévraz et de Zérauva. Ces localités ont les murs des habitations et des jardins faits presque exclusivement au moyen de ces blocs.

Il serait fastidieux d'énumérer ces blocs erratiques même en ne considérant que les plus volumineux. R. Behmer en a décrit quelques-uns, choisis d'ailleurs très arbitrairement (47). Je me suis contenté de noter les principaux sur la carte géologique. Beaucoup, et parmi eux quelques-uns encore marqués sur la carte topographique, ont été détruits, ceux en particulier qui se trouvaient dans les champs, soit qu'on les ait utilisés comme matériaux de construction ou pour l'empierrement des chemins, soit qu'on ait voulu égaliser le sol. Par contre, ceux enfouis dans les forêts ont été généralement épargnés. Dans les forêts au S et au SE de Montévraz, également au S de St-Sylvestre et de Bonnefontaine, il y en a de tels amas qu'il ne m'a pas été possible de les noter tous sur la carte. En les voyant si nombreux, on peut se rendre compte de ce que devait être le plateau suisse à la fin des glaciations: un territoire tout couvert de blocs anguleux aux dimensions souvent énormes.

Je n'ai pas spécifié sur ma carte la nature particulière de chaque bloc, estimant que c'est chose un peu secondaire. On a suffisamment décrit les roches caractéristiques du glaciaire rhodanien pour que je n'y revienne pas (47.). En général et cette règle souffre peu d'exceptions, les blocs erratiques importants sont constitués par de la protogine, de l'arkésine, du gneiss ocellé d'Arolla, mais surtout par du poudingue de Vallorcine et du poudingue rouge permien (poudingue des Gorges de Renevier, poudingue rouge d'outre Rhône de Favre et Schardt, poudingue de Dzéman de de Girard). Cette dernière roche, certainement la plus commune de toutes, a encore ce gros avantage d'être très aisée à reconnaître.

b) Dépôts morainiques.

Région de la Combert.

Le terrain glaciaire occupe de très larges surfaces dans tout le domaine de la Combert. Les dépôts morainiques arrivent abondamment jusqu'au sommet de la colline (1070 m.) ce qui rend, comme je l'ai déjà souligné auparavant, très difficile la répartition rigoureuse de la roche en place et de la couverture détritique. Je signale également ici l'extrême fréquence des blocs erratiques dans la forêt de la Combert.

Région à l'W de Hauteville.

La limite du glacier rhodanien à l'W de la ligne Corbière-Hauteville a été tracée récemment sur la carte du Montsalvens de *O. Büchi* (78). Les nouvelles limites maximales que je donne sur ma carte sont en général assez différentes de celles marquées par mon prédécesseur; la différence peut porter assez loin puisque ces limites sont en certains points ramenées à près de 200 m. plus haut. Ces divergences m'obligent à m'attarder un peu sur cette zone.

Si l'on commence par l'extrémité SW de la carte, on remarque que le glaciaire monte jusqu'à Grattaloux; les dépôts morainiques y sont assez abondants derrière le chalet, dans le lit d'un petit ruisseau, également dans la tranchée d'un chemin qui passe à l'E du chalet en question: au milieu de débris qui appartiennent pour une part aux roches des lames du Wildflysch, qui sont donc de provenance locale, on trouve quelques blocs rhodaniens. Au N du chalet, près de la Blanche, les éboulis ont rabattu partiellement le glaciaire. Mais ce dernier réapparaît très nettement dans le monticule allongé de la Pallaz à Bise; on a là une petite moraine dont la coupe est à découvert directement en dessous du chalet.

La région des Bréchons présente un cas particulier. Comme l'indique exactement la carte de Büchi, le glaciaire rhodanien descend en dessous de 1000 m. à l'W des Bréchons et il conserve une altitude assez basse jusque près de Grand Essert. On a la preuve cependant que le glacier du Rhône s'est élevé dans cette région aussi haut qu'ailleurs. Aux abords du R. de Ruz, par 980 m., au-dessus du sentier qui va de Mont Maffre à Troches, on trouve une quantité de très gros blocs de Malm des lames de la Chablex et de la Téraillonnaz; certains de ces blocs atteignent 20 à 30 m³. De pareilles masses n'ont pu parvenir à cet endroit que par l'intermédiaire du glacier; d'ailleurs, elles sont environnées de dépôts franchement rhodaniens. La faible altitude de la limite supérieure du glaciaire, provient de ce que le Grès de la Guiga qui forme les versants boisés des Raveyres a enseveli avec ses débris innombrables les dépôts supérieurs laissés par le glacier du Rhône. D'ailleurs, toute la région des Bréchons avec ses pâturages marécageux et son sol bosselé a la physionomie caractéristique des zones de débris.

Le cours moyen du R. de Ruz à partir de Mont Maffre est creusé dans une couverture glaciaire extrêmement puissante qui dépasse par endroits 100 m. Il en est résulté des ravins assez sauvages.

Région de la Roche.

Au S et à l'E de la Roche, entre le versant boisé provoqué par la Molasse d'eau douce et la zone des débris du Cousimbert, le glaciaire occupe d'assez vastes surfaces accidentées de quelques moraines latérales. La moraine la plus inférieure s'élève juste au-dessus de la côte boisée; assez discontinue, elle est surtout à jour près de Strublein dans les petits ravins au NE de la maison 990. Un autre rempart morainique passe en arrière de Montsoflo: c'est un type de moraine à gros blocs, comme on le constate dans la coupe offerte par le ruisseau passant à l'E de Montsoflo. Je n'insiste pas sur d'autres segments de moraines latérales, car aucune n'est très manifeste.

A partir du chalet de la Guiga où la limite supérieure du glaciaire atteint 1113 m., cette limite ne cesse de s'abaisser. A la Boustera elle est à 1100 m., à Lienne-dessus à 1080, à Cierne-derrey à 1050 m. Jusqu'au S de Montévraz, elle se tient au-dessus de 1000 m., mais au S de Derrière-Château elle est inférieure et tend vers 950 m. Toutefois il faut remarquer que ces chiffres n'indiquent pas d'une façon absolument rigoureuse la plus haute limite atteinte par le glacier du Rhône au maximum de Würm, car les éboulis ont un peu partout effacé les traces supérieures.

Région Montévraz-Zénauva-Closalet.

Cette région donne une remarquable expression du paysage morainique. Ce n'est pas un bassin terminal comme celui de Bulle mais un territoire admirablement modelé par le glacier du Rhône. Cependant j'ajoute de suite qu'elle est un peu moins parfaite que ne l'ont voulu l'un ou l'autre de mes devanciers qui y ont vu des moraines latérales là où il n'y a que des buttes molassiques.

A l'W de Montévraz-dessus, à la lisière de la forêt, une série de monticules côniques ou allongés se succèdent suivant une ligne allant du S au N. Il ne s'agit pas d'une moraine latérale quoiqu'on n'y observe que du glaciaire à l'affleurement, mais de buttes moutonnées telles qu'en offre assez fréquemment la Molasse marine; un léger placage morainique empêche seul de voir la roche en place.

Dans la dépression de Montévraz-dessus, une petite moraine frontale passe par les P. 932, 912, 921; elle se prolonge par une moraine médiane jusqu'au P. 931. Une moraine plus importante est celle de la Cierne. Deux autres moraines latérales flanquent encore à l'W la colline de Derrière-Château. Quant aux collines qui s'allongent en avant de Derrière-Château, ce ne sont pas des moraines latérales comme le croit *Behmer* (47, p. 49) mais des hauteurs molassiques faites de nagelfluh et de grès que recouvre partiellement un placage glaciaire. Le petit plateau qui couronne le Poyet est couvert de dépôts morainiques; au N de Mühlematt, un petit ravin laisse reconnaître une couverture morainique assez épaisse. Il est probable que ce sont les vestiges d'une puissante moraine frontale. Cette moraine avec une direction E-W, légèrement ENE-WSW, se retrouve dans le Fannischholz. Dans le Riederenwäldli, elle prend une direction SW-NE et devient nettement frontale. De l'autre côté de la Gérine, elle se poursuit par Gaugleren, Grauholz, Brunisried; on la suit assez facilement jusqu'au NW de Schwarzenburg.

D'après *Aeberhardt*, cette moraine a été déposée à l'extension maximale de la glaciation de Würm (48, p. 755 et 761 à 762). On peut déduire de ce fait que le glacier du Rhône n'a pas pénétré dans le bassin de Planfayon lors de la dernière glaciation. C'est ce que semble bien prouver l'absence de dépôts morainiques sur la terrasse rissienne de Tschüppeln. Le glacier würmien n'a fait également que frôler le bassin de Plasselb. La région entre Mühlern et la Gérine correspond à la partie du cône de transition, comme le témoignent les pénétrations mutuelles des dépôts morainiques et des alluvions fluvio-glaciaires.

Région de la Valsainte.

A l'époque würmienne, un bras du glacier du Rhône est parvenu jusqu'à la Valsainte. On retrouve assez aisément de ses débris. Je me contente de mentionner un gros bloc erratique au bord du Javroz, directement au S de les Troncs.

c) Dépôts fluvio-glaciaires.

Région de la Roche.

Au SW du village de la Roche, une ancienne dépression dont la signification sera précisée plus loin est actuellement comblée par de puissants dépôts fluvio-glaciaires formant terrasse à l'W de Villaret. Dans mon territoire, ces dépôts ne sont visibles que sur la rive droite de la Serbache, au S de Steckele où ils atteignent 60 m. d'épaisseur. Près de Villaret, quelques alluvions forment une petite terrasse érodée par le R. de Stoutz. Le glacier du Rhône en retrait a oscillé dans cette région, recouvrant certaines alluvions d'une mince pellicule morainique. Une petite moraine de barrage forme le monticule 752 près de Villaret, une autre édifie la butte sur laquelle repose l'église de la Roche (26, p. 32).

A l'E de Treyvaux, quelques alluvions se remarquent au N de Melerentzes, à la Sappallaz et près de Rosset. Ce sont les vestiges du colmatage de la dépression de Treyvaux, vallée latérale d'une Sarine interglaciaire, aujourd'hui parcourue par un petit ruisseau qui ne suit qu'en partie l'axe primitif de la vallée.

Basse terrasse de Mühlern-Plasselb-Planfayon.

S'appuyant sur la haute terrasse, la basse terrasse ou terrasse würmienne des bassins subalpins de Plasselb et de Planfayon offre la coupe suivante, de bas en haut:

- 1° Alluvions grossières.
- 2° Argile rubanée.
- 3° Alluvions fluvio-glaciaires.

J'ai traité auparavant la question d'âge de ces dépôts (p. 96), je puis donc me limiter ici à une brève description d'autant plus que ces alluvions ont déjà été largement décrites ailleurs.

1° Alluvions grossières. Nussbaum et Aeberhardt ont l'un et l'autre insisté sur l'allure grossière et peu régulière de ces alluvions basales; il s'agit plutôt d'un dépôt fluvatile ou torrentiel que d'un dépôt vraiment glaciaire. Dans la région de Mühlern, ces alluvions réduites sont recouvertes par de la moraine de fond qui affleure un peu dans le lit du Fettebach. Dans cette moraine sont empaquetés des blocs erratiques dont l'un, énorme, s'observe au S du mot Mühlern.

2° Argile rubanée. A Mühlern, on l'aperçoit dans les berges du Fettebach, à quelques endroits seulement; son épaisseur ne semble guère dépasser 3 à 4 m. au total. Sur la rive gauche de la Gêrine, sa puissance est approximativement de 6 m. Elle mesure au moins 10 m. le long des berges de la Singine.

3° Alluvions fluvio-glaciaires supérieures. La gravière de Stäfel, au S de Planfayon et les rives de la Singine ouvrent de bons affleurements pour l'étude de ces alluvions; on les observe pareillement bien à la carrière du village de Plasselb. Elles sont constituées par un mélange de cailloux parfaitement bien lités, d'origine locale et rhodanienne, toutefois avec prépondérance des roches locales (grès du Flysch et calcaires des Préalpes). C'est à la surface de ces alluvions que sont bâtis le hameau de Mühlern (872 m.) et les villages de Plasselb (861 m.) et de Planfayon (870 m.).

Les alluvions de Planfayon se raccordent à celles de la terrasse de Gutmannshaus, à la confluence des 2 Singines.

III. Glaciers secondaires des Préalpes médianes.

Quatre glaciers provenant des Préalpes médianes ont laissé des dépôts sur les versants méridionaux et internes de la chaîne de la Berra: ce sont les glaciers du Javroz, de la Singine chaude, de la Singine froide et des Muscheren. Ces dépôts se différencient aisément de ceux du glaciaire local de la chaîne de Flysch. Parmi les diverses roches des Préalpes médianes qui les constituent, les calcaires du Lias et du Malm sont avec les calcaires dolomitiques et les corneules du Trias les plus caractéristiques.

1° Glacier du Javroz. On trouve déjà dans *Gilliéron* une bonne description des dépôts abandonnés par ce glacier originaire des versants septentrionaux de la chaîne des Bruns (10, p. 238 à 239). Ces dépôts sont visibles surtout sur la rive gauche du Javroz. Au S de la Raynaudaz et au Dos d'Ane, on reconnaît quelques alluvions fluvio-glaciaires. F. Nussbaum a signalé la moraine de barrage édiflée par ce glacier à la Grosse Gite (26, p. 144). De nombreux débris erratiques s'observent encore à l'W du couvent près de les Curtys et jusqu'à la Cierne.

2° Glacier de la Singine chaude. Ce glacier dont les principaux bassins d'alimentation étaient situés dans les cirques de la Riggisalp, des Neuschels et du Breccaschlund, s'est déversé vers le Lac Noir et de là, sa langue glaciaire s'est écoulée le long de la vallée de la Singine chaude jusque près du point de confluence de cette rivière avec la Singine froide. Au Lac Noir, près de l'hôtel (1055 m.), puis près de Seeweid et aux abords des Gasserli, les débris erratiques sont abondants. Dans cette région, les plus élevés arrivent jusqu'à Schlossisboden et Hapferenvorsatz. Au-dessus du Rothenbach, j'en ai trouvé jusque vers 1100 m. Au S de Corpatauli, une petite moraine frontale a barré l'ancien Lac Noir. Sur la rive droite de la Singine, entre les deltas du Rothenbach et du Steinbach, les dépôts singinois sont adossés en terrasse contre le Flysch de l'Ettenberg. Dans la zone d'Im Kneuwis, la présence de moraines purement locales, d'anciens dépôts rissiens du glacier du Rhône et du glaciaire singinois rend la délimitation cartographique assez confuse. Au S du Zollhaus, une petite moraine frontale marque le bord extrême atteint par le glacier de la Singine.

3° Glacier de la Singine froide. Ce glacier qui a rempli la vallée de ce nom prenait naissance dans divers cirques de la région du Schwefelbergbad, principalement dans ceux du groupe de montagnes Ochsen-

Gantrisch. Latéralement il était alimenté non seulement par des glaciers locaux de la chaîne de Flysch, comme c'est le cas pour les glaciers de la Singine chaude, mais encore par les glaciers assez importants de la Hengst-Sense et de la Muscheren-Sense, originaires eux aussi des Préalpes médianes. Ces différents glaciers ont déjà été amplement décrits par *Gilliéron* (10, p. 247 à 252) et par *F. Nussbaum* (26, p. 98 à 104).

Il n'existe plus que des lambeaux de la moraine frontale de ce glacier à l'E de Gutmannshaus, au P. 927 et près de Unterste Seite qui en est la partie la plus épargnée. En arrière de la partie frontale, les dépôts sont par contre considérables et continus. Entre Obere et Untere Schafera, la limite supérieure du glaciaire est située à une assez haute altitude. Les dépôts les plus élevés doivent être rapportés à un stade antérieur à la formation de la moraine terminale de Gutmannshaus, à une époque durant laquelle le glacier de la Singine froide venait heurter un bras du grand glacier du Rhône; remarquons d'ailleurs que ce fait n'a pas échappé à la perspicacité de *Gilliéron* (10, p. 249). Mais c'est surtout à l'E de Untere Schafera que les accumulations glaciaires se montrent avec toute leur puissance: jusqu'à Sangernboden, les ravins sauvages déchirant les berges de la Singine sur sa rive gauche sont tous taillés dans un énorme revêtement morainique. En dessous de Zossen-Nielenboden où le glacier des Muscheren a ajouté ses matériaux à ceux du glacier principal, la moraine a 100 m. d'épaisseur; par places, elle est légèrement stratifiée; le plus souvent c'est un amas informe de gros blocs, de sable et de limon.

4^o Glacier des Muscheren. Ce glacier qui débouchait latéralement à Sangernboden dans la vallée de la Singine froide prenait naissance dans les cirques situés au flanc N du groupe Kaiseregg-Schwarzfluh-Widdergalm-Mähre. Venant du bassin de la Geissalp, un bras du glacier principal a longé les versants orientaux du Hochmättli pour passer par Steiners Hohberg et de là, surmontant le col qui sépare le Hohberg du Kählenegg, il s'est écoulé par la dépression de Spitzenbühl pour rejoindre le glacier principal. Ce dernier a atteint une altitude considérable jusque vers le bas de la vallée; c'est ainsi qu'au S de Nielenboden, les dépôts erratiques arrivent à 1140 m. Sur la rive droite de la vallée, cette limite est difficile à préciser à cause de l'épaisse forêt qui rend vaine toute délimitation rigoureuse; dans ce secteur, les contours géologiques sont forcément approximatifs.

Longtemps gêné dans son avance par le glacier de la Singine froide, le glacier des Muscheren n'a débouché de sa vallée que lorsque le glacier de la Singine se fut retiré vers l'E, dans la direction du Schwefelbergbad.

IV. Glaciaire local.

De nombreux glaciers locaux se sont développés dans tout le massif de la Berra à mesure que le glacier du Rhône se retirait. Le glacier du Rhône avait travaillé en grand, rabotant toutes les saillies de ce terrain de grès et de marnes et transformant le Cousimbert, le Kapberg et le Schweinsberg en vastes croupes arrondies. Les glaciers locaux ont plutôt travaillé dans le détail, creusant dans ces buttes moutonnées aux dimensions énormes des cirques parfaitement bien individualisés. On a toujours le même paysage. Limitée par des versants assez raides, la zone d'alimentation de ces anciens glaciers est aujourd'hui occupée par une dépression marécageuse à faible inclinaison. En avant, les dépôts morainiques s'étalent sur de vastes étendues. Ils accusent le plus souvent des épaisseurs considérables qui sont rendues évidentes le long des berges ravinées des ruisseaux coupant ces dépôts.

Le glaciaire local offre de réelles difficultés lorsqu'il s'agit de le délimiter d'avec le Flysch. Les formes du terrain sont si atténuées qu'elles ne précisent guère la ligne de partage. La désagrégation due aux eaux de ruissellement se fait sentir très profondément dans la roche en place et les débris qui en résultent peuvent parfaitement simuler les dépôts glaciaires. L'incertitude est souvent très grande d'autant plus que les moyens habituels de reconnaître les débris glaciaires échappent encore. La diversité des roches n'est plus un critère là où nous n'avons que du Flysch. Les cailloux griffés ne sont également pas toujours une preuve; d'abord les roches du Flysch en l'absence de calcaire ne sont guère susceptibles de montrer des griffures bien nettes. Quant aux stries que l'on observe fréquemment, elles sont généralement attribuables à des phénomènes de glissement communs un peu partout. Pour prendre un exemple,

à la carrière située à l'entrée du Plasselschlund, j'ai trouvé quantité de grès durs sur lesquels les marnes se sont étalées en miroirs montrant les griffures les plus variées.

Il est inévitable dans ces conditions que les contours géologiques soient sujets à une marge qui peut varier de quelques mètres à quelques dizaines de mètres et dans certains cas atteindre 100 m. Ce dernier chiffre peut paraître considérable; il ne surprendra pas ceux qui ont dû travailler dans un territoire sans formes définies et dépourvu de bons affleurements. Inévitablement, les délimitations cartographiques sont très subjectives, le trait sur la carte comportant un caractère définitif que la nature n'a pas toujours.

Description régionale.

On doit à *F. Nussbaum* la description d'une série de glaciers locaux qui se succèdent de part et d'autre des vallées de la Gérine et du Höllbach; je me contenterai de les signaler brièvement. Il est d'autres glaciers qui n'ont jamais été mentionnés et sur lesquels je m'arrêterai plus longuement.

Versant externe de la chaîne de la Berra.

Le long du versant externe de la chaîne je n'ai indiqué nulle part sur ma carte de dépôts morainiques locaux. Aucun glacier un peu individualisé ne paraît s'être développé sur ce versant; au plus quelques lambeaux de glace ont pu se former à certains endroits. C'est à eux qu'on peut attribuer la présence de galets striés, mais avec les restrictions précédemment émises. Ce sont peut-être également eux qui ont transporté assez loin du Flysch des blocs assez considérables, l'inclinaison très faible du sol n'expliquant pas un déplacement si lointain. Toutefois, il est aussi possible que ces blocs soient tombés à la surface du glacier du Rhône à la période rissienne et aient été déposés plus bas lors du retrait de ce glacier.

De toute façon il serait par trop arbitraire de vouloir tenter de discerner ce qui est éboulis de ce qui peut être d'origine glaciaire dans cette zone entièrement et fortement boisée qui court au pied de la Berra, du Cousimbert et des Muschenegg.

Versants internes des Muschenegg, du Cousimbert et de la Berra.

Sur le versant S des Muschenegg, les dépôts glaciaires sont assez importants, bien discernables surtout près de Warena. Au S de ce chalet, le glacier de la Gérine a édifié une moraine frontale que *Nussbaum* a signalée. Le même auteur a mentionné les glaciers suivants (26, p. 109 à 111):

- a) glacier de la Paradisa provenant du cirque du Gros Cousimbert;
- b) glacier des Filistorfènes provenant d'un cirque au N du sommet de la Berra;
- c) glacier des Filistorfenaz provenant du cirque des Vez;
- d) glacier du Torri;
- e) glacier du Creux d'Enfer;
- f) glacier de Hauta Schiaz.

Le glacier de la Paradisa a laissé au S de la Rigoletta des dépôts volumineux atteignant 60 à 80 m. de puissance. Il a développé une belle moraine de barrage qui passe au N de Brünisholzena par le P. 1426 et qui a son front à l'E de Rigoletta.

Le glacier de Filistorfènes a sa moraine frontale fortement arquée et passant par les P. 1387, 1315, 1480.

Très visible aussi est la moraine édifiée par le glacier des Filistorfenaz avant la jonction du ruisseau de même nom avec le R. des Filistorfènes.

Le glacier des Torri, d'importance minime, n'a guère laissé de traces. Celui du Creux d'Enfer par contre a accumulé des dépôts puissants; dans le fouillis d'arbustes qui occupe son emplacement, il n'est pas facile de discerner la moraine frontale.

La région de Hauta Schiaz laisse reconnaître des remparts morainiques d'un développement assez faible.

Tous ces glaciers étaient primitivement tributaires d'un glacier principal qui remplissait le bassin supérieur de la Gérine ou Plasselschlund. L'existence d'un tel glacier a été soupçonnée par *Gilliéron* (10, p. 241), *Nussbaum* en a constaté la réalité. Ce glacier de la Gérine ne paraît pas être sorti de la région du Flysch.

Région du Kapberg.

Un petit glacier suspendu s'est développé à Ob. Reschera, déterminant une moraine qui domine la Gérine en face de la Lenzburgera. Des placages glaciaires ont glissé à plusieurs endroits le long des berges de la Gérine, encombrant le lit du torrent.

Un autre glacier qui occupait le versant occidental du Stockberg a amené des matériaux nombreux dans les abords des Italiennes et jusqu'à la Gérine. Les dépôts glaciaires de Hochmättli se rattachent à ceux déjà signalés de Hauta Schiaz.

Le flanc occidental de ce petit massif montre des dépôts beaucoup plus abondants ; ils n'ont toutefois jamais été signalés. Un glacier assez vaste a occupé la dépression marécageuse du Moosboden. La limite des neiges était située à environ 1350 m. Les gros ravins qui bordent le Höllbach sur sa rive gauche accusent une épaisseur de dépôts de 100 m.

Région du Schweinsberg.

Aucun glacier n'est mentionné par *Nussbaum* le long des versants du Schweinsberg. Cependant, tout comme le Cousimbret et le Kapberg, cette montagne a eu ses glaciers propres, la plupart très bien individualisés.

Sur les pentes occidentales, des dépôts morainiques se remarquent entre Widenvorsatz et In der Brüchera ; ils sont à découvert dans quelques ravins. Leur délimitation d'avec le terrain en place est assez difficile.

Un glacier assez important qui descendait jusqu'au Höllbach a occupé le cirque du Grosser Schweinsberg. Situé au revers, sa limite des neiges atteignait 1550 m. Il a déposé une ample couverture morainique, bien visible au-dessus du P. 1210.

La région extrêmement ravinée de In der Höll ne trahit pas manifestement des vestiges glaciaires. Le ravinement est assez récent et il est attribuable aux seules actions des eaux de ruissellement. Les dépôts qu'a dû y laisser le glacier du Höllbach sont trop intimement mêlés aux débris actuels pour qu'il soit possible de les déceler. Plus au S, près de Luckeli, on les aperçoit plus aisément.

Sur le versant externe du Schweinsberg, on constate l'existence du glaciaire local près de Im Kommet. Au S de ce chalet, de fortes accumulations glaciaires apparaissent dans les berges du ruisseau. J'ai déjà signalé auparavant la présence de rares cailloux rhodaniens au milieu de ces dépôts morainiques du Flysch, ce qui témoigne un remaniement par ce glacier d'Im Kommet de matériaux glaciaires pré-existant et datant de la glaciation de Riss.

Un glacier plus important est celui du Steinbach. Son névé occupait sur le flanc oriental du Schweinsberg la dépression de Blattisboden, avec une limite des neiges atteignant presque 1500 m. Il a édifié une moraine frontale à l'E de Herrenkneuwis. C'est dans le gros ravin taillé dans cette moraine que j'ai recueilli à 1380 des galets rhodaniens.

Un autre glacier bien individualisé est celui du Rothenbach. Son cirque dominait la dépression marécageuse du Schweinsbergboden et sa limite des neiges montait également à 1500 m. Il a laissé près de Schwand une très belle moraine frontale. Ce glacier était flanqué au S d'un petit glacier originaire de Grosser Gögger qui a uni ses dépôts à ceux du glacier principal.

Dans la région du Lac Noir, le cône de déjection qui a partiellement éteint le lac au N de la Gypsera ne débute pas près de Schössisbödeli comme le croit *Nussbaum*, car autour de ce chalet il n'y a que du glaciaire local provenant d'un glacier de très petites dimensions né dans la niche située derrière Kleiner Gögger.

Région du Lac Noir.

De Tierliberg, de Zorettaz et de la Lenzburgera sont descendues des langues glaciaires qui ont abandonné des matériaux autour de Grattavache et jusque vers le Fallenbach. Pour n'avoir pas déposé des restes bien considérables, ces petits glaciers n'en sont pas moins descendus assez bas ; on le constate en face de Gauglenvorsatz où des dépôts morainiques du Flysch recouvrent partiellement le massif triaso-liasique du Thoosrain ; on observe des blocs de grès à Nummulites jusqu'aux abords du chalet Thoosrain 1282.

Sur le versant de la Valsainte, les glaciers locaux n'ont pas creusé des cirques aussi manifestes qu'ailleurs. Les dépôts qu'ils ont accumulés sont cependant considérables. Un puissant revêtement morainique occupe tout le domaine de Praz à Bongard et des Echelettes. Une très belle moraine de bar-rage descend du P. 1321 vers le ruisseau des Féguelènes. Le petit glacier qui a occupé la dépression des Petits Chomieux a marqué son existence par une moraine frontale de peu d'envergure. Signalons encore les dépôts glaciaires de R. des Mossettes et de celui de la Tioleyre. Dans la vallée du Javroz, les dépôts locaux occupent d'assez grands espaces sur la rive gauche.

Les glaciers n'ont guère pu imprimer leur action dans les terrains peu solides du Wildflysch des Botteys ; leur séjour dans cette région est toutefois affirmé par les matériaux qu'ils ont transportés vers la Pouta Cierne et dans la forêt de la Valsainte.

Région de Hellstätt.

Sur le versant méridional de l'arête de Hellstätt se sont développés 2 petits glaciers, car on reconnaît assez aisément leur emplacement. Ils n'ont pas laissé des dépôts bien considérables ; il s'y mêle d'ailleurs beaucoup d'éboulis, surtout vers le haut des dépressions glaciaires ; sur la carte, les moraines locales ont la bonne part. Le premier glacier, celui de Schilperli est de très faibles dimensions. Le second mieux individualisé descendait de la dépression de Milkenvorsass où son névé occupait un assez vaste espace avec une limite des neiges atteignant 1350 à 1400 m.

Autour de Warme Seite et de Ludenvorsass, il y a quantité de blocs éboulés ; du glaciaire peut-être s'y glisse mais une délimitation précise est exclue. Dans cette région comme aussi vers Stampferli et Bunggelivorsass on ne sait trop comment discerner déjà le terrain en place de la couverture détritique. Par suite de l'inclinaison des assises dans le sens de la pente et à cause des séries marno-gréseuses du Grès du Gurnigel, il y a eu quantité de tassements et de glissements : la topographie y est très tourmentée et les affleurements partout vagues et douteux. Aussi les contours géologiques que j'ai dû marquer sur la carte sont-ils par places approximatifs, ce qui est inévitable dans de tels domaines.

Région de l'Ettenberg.

Il y a peu à dire sur cette région que les glaciers locaux n'ont guère façonnée : c'est sous ce rapport la partie la plus uniforme du territoire que j'ai étudié. Sur les versants N et W, il n'a dû y avoir que quelques lambeaux de glace : aussi les dépôts erratiques sont-ils faibles et très discontinus. La zone de Glumpmoos où la couverture morainique est assez importante fait cependant exception. Mais en arrière de ces dépôts, on ne reconnaît ni un cirque ni un bassin de réception bien caractérisés. De multiples phénomènes de tassement ont affecté le sol sur de larges surfaces.

Sur le versant oriental, le glacier de Jeundlena dont la limite des neiges dépassait 1400 m., a accumulé malgré ses faibles dimensions une moraine frontale très puissante ; le gros ravin situé en dessous de la crête morainique est entièrement taillé dans les matériaux glaciaires.

Un petit glacier suspendu a occupé la dépression à l'E du Gross Ettenberg. Sa limite des neiges se tenait de 1500 à 1520 m.

V. Chronologie des dépôts glaciaires.

Un travail tel que le mien n'embrassant qu'un territoire limité dans lequel la région molassique n'est encore que la petite part ne peut évidemment pas prétendre à une modification très profonde des

cadres préétablis. Comme on l'a vu, pour la chronologie des terrains glaciaires et fluvio-glaciaires, il m'a fallu sans cesse recourir à des œuvres de portée plus générale qui traitent spécialement des formations glaciaires. Les modifications que j'y apporte résultent surtout de la constatation suivante: l'extension bien plus considérable qu'on ne l'avait soupçonnée du glacier du Rhône à la glaciation de Riss. De là une série de réactions sur les dépôts glaciaires de la bordure des Alpes qu'il sera bon de vérifier par l'étude des formations synchroniques du plateau molassique. Mais à chacun sa tâche.

Le tableau ci-joint résume la succession des formations glaciaires telles qu'elle paraît résulter de mes observations.

Ce tableau demande quelques explications.

A. Glaciation de Riss. Je rappelle quelques-uns des dépôts erratiques les plus élevés dans la chaîne de la Berra et dont l'attribution au glacier rissien ne fait pas de doute.

Versant interne des Muschenegg	1200 m.
Région Wusta-Paradisa	1300 m.
Région d'Hellstätt (près d'Ottenleue)	1340 m.
Versant N du Schweinsberg	1440 m.
Versant E du Schweinsberg	1380 m.
Thoosrain-Ballisaz	1410 m.
N de la Magnenaz	1510 m.
Hauta Schiaz	1475 m.

Ces altitudes pourtant considérables sont souvent inférieures à la limite vraie, car il s'agit dans bien des cas de blocs erratiques que les glaciers locaux ont remaniés. Au maximum de Riss, le glacier du Rhône a certainement dû atteindre une altitude de 1500 à 1600 m. Si l'on tient compte des croupes largement arrondies du Schweinsberg, du Kapberg et d'autres sommités, il n'est pas exclu que la majeure partie de la chaîne de la Berra ait été ensevelie sous une calotte de glace; peut-être que quelques points seuls émergeaient de cette mer de glace tels que le sommet de la Berra.

Dans un stade postérieur, le glacier du Rhône, après avoir pénétré dans la vallée du Javroz, a débordé d'une part vers le Lac Noir et le long de la Singine vers Planfayon, d'autre part le long du Plasselschlund vers Plasselb. C'est vraisemblablement à ce stade que doivent correspondre les moraines laissées par ce glacier sur le versant oriental du Schweinsberg.

Toutefois, avec les données fragmentaires que l'on a, une chronologie rigoureuse des dépôts rissiens n'est pas possible.

Glaciation de Würm. Alors que *F. Nussbaum*, dans le bassin de Plasselb et de Planfayon, envisage un glacier du Rhône maître de ce bassin au maximum würmien et barrant de ce fait la route aux glaciers secondaires de la Gérine et de la Singine, en me basant sur mes propres observations et sur celles apportées par *Aeberhardt*, j'ai ramené la limite maximale de ce glacier jusqu'à la marge du bassin de Plasselb. Cette constatation est d'une assez grande importance, car jusqu'alors le développement des glaciers secondaires et des glaciers locaux était sous la dépendance immédiate du grand glacier du Rhône. Dès maintenant si l'on fait exception pour la région de la Valsainte et pour les territoires en bordure du Montsalvens, les glaciers de la Berra et des Préalpes médianes environnantes vont se développer en complète indépendance. Tout au plus au début du Würmien, les dépôts fluvio-glaciaires de Plasselb et de Planfayon qui vont remplir l'entre-deux, entre la région du plateau recouverte par le glacier du Rhône et la région des Préalpes occupée par les glaciers secondaires, peuvent-ils nous apporter quelques renseignements sur les mouvements mutuels des deux territoires glaciaires. Mais au fur et à mesure que le glacier du Rhône s'est retiré, des mouvements analogues ont dû se faire sentir dans le domaine de la Berra: jusqu'à quel point ces phases de retrait dans les deux régions concordent-elles, voilà ce qu'il est difficile d'exprimer. J'ai tenté de paralléliser ces phases dans le tableau ci-joint pour ces régions, région marginale ou du glacier du Rhône, éventuellement du glacier de la Sarine (La Roche), région interne ou des glaciers des Préalpes proprement dites. C'est un essai mais qui n'exprime certainement qu'une petite part de la réalité beaucoup plus complexe. A tout le moins faut-il pouvoir embrasser un

certain territoire. Ceci est possible dans le Plasselbschlund où l'on peut discerner trois phases successives.

- 1° Moraine terminale de Warennaz.
- 2° Stade de retrait de la Gissetta, assez peu sensible.
- 3° Moraines locales des Filistorfènes et des Filistorfenaz.

Le retrait du glacier du Rhône compliqué lui-même de nouveaux bonds momentanés est certainement beaucoup plus compliqué. Mais seule une étude serrée tenant compte de l'ensemble du plateau et non d'une portion restreinte de celui-ci permettra de rompre les cadres trop rigides auxquels on est tenu aujourd'hui. Il est certain qu'il n'y a pas que deux ou trois phases de retrait mais une série de phases de plus ou moins grande importance. On le perçoit nettement lorsque de Plasselb on recule vers le bassin du Moutet et de là vers la Roche et Bulle.

Régions marginales		Régions internes
Maximum de Riss	Dépôts rhodaniens jusqu'à 1500 à 1600 m. Calotte de glace avec nunatacks	
Phases de retrait de Riss	Moraines des versants N du Schweinsberg	Glacier rhodanien de vallée (Javroz, Gérine, Singine chaude) Glacier de la Singine froide (dépôts de Schafera)
Interglaciaire Riss-Würm	Haute terrasse de Plasselb-Planfayon Alluvions anciennes de la Roche (R. de Stoutz, du Bey, etc.) Erosion	
Maximum de Würm	Alluvions grossières de la basse terrasse. Moraine terminale de Riedererwäldli-Schwarzenburg Argile glaciaire de la basse terrasse	Glacier du Rhône: dépôts du couvent de la Valsainte Glacier de la Singine: moraines du Zollhaus Glacier de la Gérine: moraine de Warennaz Terrasse de Gutmannshaus
1 ^{re} phase de retrait	Alluvions supérieures de la basse terrasse de Plasselb-Planfayon Système des moraines Montévrax-Zénauvaz	Glacier de la Singine froide: moraine de Sangernboden Glacier de la Singine chaude: moraine du Lac Noir (Corpatauli) Glacier du Javroz: moraine de la Grosse Gite
2 ^e phase de retrait	Moraines de la Roche	Retrait des glaciers des Préalpes médianes Individualisation des petits glaciers locaux

Chapitre 2.

Dépôts modernes.

Eboulis, éboulements, glissements, phénomènes de tassement.

Versant externe.

1° Zone des débris. En arrière des dépôts morainiques rhodaniens, une large zone de débris borde tout le versant externe de la chaîne de la Berra. Elle peut atteindre 2 à 3 km de largeur. Dans la partie supérieure où les débris et les blocs amoncelés font encore saillie, elle est occupée par des forêts touffues et sauvages; dans sa partie inférieure où les inégalités du sol sont moins accentuées, on a fréquemment des pâturages humides et marécageux, semés de plaques d'eau temporaires. Les débris proviennent de la destruction lente de la paroi boisée marginale. Là où existe le Grès de la Guiga, les débris de ce terrain se joignent à ceux du Flysch. Plus délitable encore que le Flysch, le Grès de la Guiga, essentiellement marneux, se désagrège sur place; il en résulte un sol mouvant qui s'écoule lentement en rabattant devant lui les dépôts morainiques.

2° Eboulements. Des petits éboulements locaux ont accumulé un peu partout au pied de la paroi de Flysch des amas considérables de blocs. Un seul éboulement mérite toutefois une mention spéciale, celui de la Gipsfluh, au SW de Plasselb; il est très récent, car c'est à partir de 1846 que des blocs volumineux ont enseveli peu à peu la carrière de gypse qui existait sous la cicatrice actuelle.

3° Glissements. Je signalerai, parmi de nombreux exemples, le glissement presque général des berges du R. de Stoutz là où ce ruisseau a son lit taillé dans le Grès de la Guiga; d'autres encombrant le cours supérieur du R. de la Guiga.

Une forme particulière de glissement est la descente soudaine d'une portion de terrain. Dans la forêt à l'E de le Krachoz, on a des paquets de terrain où les bancs sont régulièrement superposés sur 15 à 20 m. de hauteur. Le même cas se remarque au Creux des Pierres: au S du P. 1266, une série d'assises de 20 à 30 m. de puissance détermine une brusque rupture de pente; l'ensemble est très tranquille et simule le terrain en place; mais on reconnaît en particulier la brèche polygénique signalée au S du Creux des Pierres, dans l'alignement de la paroi rocheuse; en plus la niche d'arrachement s'aperçoit bien à l'E du chalet prénommé. Mais le plus gros compartiment de Flysch amené à distance de son emplacement primitif par un glissement continu est celui qui constitue un gradin assez important au N de Groschwand (1047 m.). C'est une masse d'environ 50 m. de hauteur que j'ai tout d'abord envisagée comme du terrain en place et rangée dans le Grès de la Guiga. Mais il me paraît bien établi après un nouvel examen de l'emplacement de ces assises gréseuses qu'il s'agit uniquement d'une masse arrachée à la paroi externe du Flysch.

Régions internes.

Dans les régions internes, les éboulements sont pour ainsi dire inexistant, car les parois rocheuses font presque entièrement défaut: tout se ramène à des glissements de terrain. Comme ces phénomènes jouent un rôle essentiel dans la constitution du modelé de la Berra, il y a lieu de s'y arrêter un peu.

Phénomènes de tassement. Ce sont des glissements atténués dont la localisation est très superficielle. Ils ont lieu là où l'inclinaison des séries de grès en plaquettes se fait dans le même sens que celle du sol; généralement le degré d'inclinaison des assises est supérieur à celui du sol. Les bancs glissent peu à peu sur les marnes, se désagrègent parfois alors qu'à quelques mètres de là le même terrain est dépourvu de tout mouvement. Le paysage qui en résulte est très typique: un sol tout bosselé avec des monticules de quelques mètres où malgré un léger glissement les bancs se superposent encore régulière-

ment. On ne sait trop, souvent, s'il convient de placer les portions de terrain affectés par ces «phénomènes de tassement», pour leur donner un nom, dans la roche en place ou déjà avec les débris. Le phénomène reste superficiel et n'atteint que les bancs supérieurs; dans les coupures de ruisseaux, on ne remarque rien de ces phénomènes.

Lorsque la pente du sol augmente, ces tassements s'intensifient et se font sentir plus profondément. Ils correspondent à ces mouvements du sol appelés en allemand «Sackungsvorgänge» dont *A. Buxtorf* et *O. Wilhelm* ont donné des exemples dans les «Schistes lustrés» du Safiental, exemples qui ont leurs pendants dans le Flysch de la Berra ¹⁾.

Dans la chaîne de la Berra, de tels tassements sont communs sur les versants des Muschenegg et du Cousimbert qui plongent vers la Gérine; ils sont également fréquents sur les flancs du Schweinsberg et de l'Ettenberg. On les retrouve dans le Wildflysch.

Ce même phénomène s'est fait sentir dans une certaine mesure sur les versants méridionaux de la région d'Hellstätt où l'inclinaison des assises est sensiblement plus forte que celle de la pente. Il est possible que des portions de terrain signalées sur la carte comme Flysch soient des masses descendues à la suite d'un lent glissement; les terrains encadrant la zone de Milkenvorsass et les monticules au N de Stellenvorsass sont peut-être des portions décollées. Dans le doute, j'ai considéré le tout comme étant en place; mais une mise en garde était nécessaire.

Glissements. Ces accidents affectent aussi bien la roche en place que les placages morainiques. Leur mécanisme ayant été parfaitement décrit par *Gilliéron* (10, p. 283), je me borne à en signaler quelques exemples.

Dans le Wildflysch, on peut mentionner ceux qui ravinent le sol au S de Montagnetta, ceux beaucoup plus nombreux de la zone des Botteys.

Dans le Grès du Gurnigel, les mouvements superficiels du sol ont naturellement leur extension maximale là où prédominent les séries grés-marneuses. La plupart ont une extension limitée, car des séries d'assises gréseuses assurent le terrain de place en place. Ces mouvements sont plus sensibles là où sont accumulés des débris alluviaux et diluviaux.

Des glissements qui ont pris d'assez grandes proportions s'observent dans la partie NW du massif du Kapberg. Les glissements sont presque continus depuis les berges de la Gérine, en face de la Lenzburgera, jusqu'à la crête de Tature. Leur intensité la plus grande se fait sentir entre Unter- et Ober-Reschera et ils atteignent non seulement les dépôts glaciaires mais aussi la roche en place; jusqu'à la crête, le terrain s'est disloqué et s'est tassé graduellement à mesure qu'un mouvement lent faisait descendre des portions successives du sol.

Des glissements compliqués d'éboulements sont cause d'un petit phénomène d'épigénie de la Gérine près de la Lenzburgera. La rivière qui s'est creusé un lit sinueux dans les schistes grés-marneux coulait primitivement à partir du P. 1042 vers Rossel et le P. 1029. Des éboulis accompagnés de glissements ont rejeté la rivière vers l'E, barrant même la vallée. En amont du P. 1042, une petite plaine marécageuse représente le vestige d'un petit lac né lors d'une obstruction momentanée du lit de la Gérine.

Sur le versant W du Schweinsberg, on observe des glissements en dessous de In der Kleinwena, mais c'est au S de Untere Baretta qu'ils causent leurs plus grands ravages par la mise en mouvement de toute la couverture glaciaire. Vers le bas du grand glissement, on peut voir de véritables coulées de boue au milieu desquelles sont noyés des bancs de grès. Ces coulées parviennent jusqu'au lit du Höllbach qui se fraie comme il peut un passage parmi les innombrables débris qui encombrent sa route.

Un glissement plus important est celui qui a créé la large niche d'arrachement du Lägerlilauen en au-dessus du Lac Noir. Il a provoqué un mouvement de descente de toute la série grés-marneuse bien que les assises plongent vers le Schweinsberg et non vers le Lac Noir: des glissements en bloc font que, dans la zone d'éboulis de la Pürenna, certains mamelons montrent encore les bancs régulièrement superposés (P. 1172 et 1173).

¹⁾ *A. Buxtorf* et *O. Wilhelm*. Über Sackungserscheinungen im Safiental (Graubünden). Ecl. geol. helv. vol. XVI, n° 5, p. 520 à 527.

Le plus bel exemple de ces phénomènes superficiels est celui offert par le Wildflysch à l'E de Muscheren. Il s'agit d'un vrai torrent boueux provoqué par les schistes argileux du Wildflysch et qui descend de Ober-Ladengrat vers le N du chalet Schwendi (1388 m.). La coulée boueuse s'étend sur plus de 500 m. de longueur et 50 à 100 m. de largeur.

Cônes de déjection.

Tous les torrents qui descendent de la Berra charrient de grandes quantités de matériaux. Mais par suite du manque de pente, il ne leur est pas possible très souvent de déblayer leur lit et d'amener leurs débris jusqu'à l'embouchure de la vallée maîtresse. Seuls les torrents retrouvant dans leur cours inférieur une pente assez forte arrivent à édifier des cônes de déjection d'une certaine importance. C'est le cas dans la région de la Roche où les ruisseaux débouchant des sillons étroits taillés dans la Molasse d'eau douce forment des cônes bien dessinés. Au S de Planfayon, le cône du Tiefengraben est partiellement superposé à la terrasse d'alluvions.

Dans les régions internes, les cônes de déjection sont bien évidents et pour la plupart encore très actifs. Dans le Plasselbschlund, le cône des ruisseaux de la Wusta et de la Paradisa, coupé par la nouvelle route, montre la stratification des matériaux.

A partir de Zollhaus, une quantité de cônes extrêmement actifs s'échelonnent de chaque côté de la Singine chaude. Celui du Rothenbach à pente assez faible est tronqué à sa base par la Singine. Le cône de Marromoos, au S de la Gypsera, est presque entièrement éteint; il a fortement contribué à combler la partie N du Lac Noir représentée aujourd'hui par la plaine marécageuse de la Bürstera. Des cônes de déjection sont aussi en voie d'éteindre progressivement le lac actuel. Mais l'empiètement le plus manifeste est marqué par le petit delta édifié par le Seeweidbach.

Sur la rive droite du Javroz, les torrents qui descendent des versants méridionaux de la Berra n'ont formé que d'insignifiants cônes.

Dans la vallée de la Singine froide et de la Muscherensense, il y a des cônes très typiques mais de dimensions moyennes.

Sources.

Sur la carte géologique, les sources n'ont été indiquées que très incomplètement. Dans la région de Flysch comme dans les territoires molassiques, elles sont assez abondantes. Très superficielles dans le Flysch, elles sont surtout constantes dans la région molassique où le revêtement morainique leur assure un débit assez régulier.

Les sources sulfureuses qui alimentent les Bains du Lac Noir proviennent des affleurements de gypse triasique qui marquent le bord extrême de la nappe des Préalpes médianes. Je n'insiste pas sur ces sources qu'on retrouve dans des conditions analogues tout le long du bord frontal des Médiannes.

Tourbes et marais.

Les dépôts de tourbe sont assez communs dans le Flysch et dans tous les terrains diluviaux et alluviaux qui en dérivent. Il est probable que ceux marqués sur la carte ne sont pas les seuls et qu'il y aurait lieu d'y rapporter certaines portions marécageuses. Quelques petites tourbières ont été l'objet d'exploitation intermittente. Signalons au Burgerwald les petites tourbières de Cotingsschwand et de Eggersschwand, puis quelques-unes sur les versants du Schweinsberg. D'importants dépôts de tourbe occupent le haut de la forêt de la Valsainte (78, p. 72 à 73). Au S de Montévraz-dessus, une assez grande tourbière est située sur l'emplacement d'une ancienne dépression centrale.

Le Flysch forme des sols essentiellement marneux et argileux, toujours très imperméables: aussi les marais et les pâturages marécageux occupent-ils de très larges espaces. Ils ne manquent jamais dans les zones de débris et dans les régions de Flysch à pentes faibles. Leur limite sur la carte est une question d'estimation, car il y a toutes les transitions voulues entre la roche en place à pâturages marécageux, le sol à limon tourbeux et les marais proprement dits à fond argileux. J'ajoute à ce propos que j'ai pris le mot de marais dans un sens très large.

Les principaux marais sont concentrés dans les dépressions occupées jadis par le névé des glaciers locaux (zones marécageuses de Luggwilera, de la Wusta, de Rigoletta, des Vez, de la Reschera, du Moosboden, de Blattisboden, du Höllbach supérieur, de Glumpmoos, etc.).

Tuf calcaire.

Les dépôts de tuf calcaire sont très localisés et ont un développement minime. La plupart proviennent de dépôts morainiques rhodaniens. Des petits amas s'observent :

- 1° sur la rive droite du R. de Stoutz, en face du chalet 834;
- 2° sur la rive gauche du Hellgraben en dessous de Cierne-derrey;
- 3° dans la région de Im Kneuwis (versant E du Schweinsberg), à trois endroits;
- 4° dans la région de Hellstätt, à l'W de Stampferli et au N de Halbsack;
- 5° à l'E de Wilerbad (région de l'Ettenberg).

Remarques sur quelques cours interglaciaires.

Cours interglaciaires de la région de la Roche.

J'ai mentionné auparavant une ancienne vallée creusée dans le niveau supérieure de la Molasse d'eau douce et qui, à partir de l'E de Hautelle, est visible dans le cours moyen des ruisseaux de Stoutz et du Bey et qui se prolonge vraisemblablement par la dépression de Montévraz.

La vallée actuelle de la Roche présente également quelques particularités. Elle est parcourue aujourd'hui à partir de la Chaux par la Serbache qui se dirige vers le S et le ruisseau du Pontet qui coule vers le N. Ce sont des cours d'eau insignifiants qui ne sont pour rien dans le modelé actuel de la vallée.

Mais comme l'a suggéré *H. Schardt* (66), la vallée de la Roche représente probablement le lit d'une Sarine interglaciaire. Son cours est assez aisé à reconstituer. Au SW du village de la Roche, le cours inférieur est marqué par les dépôts fluvio-glaciaires de Steckele et du Bois Mormont. A partir de la Roche, la rivière a creusé son lit dans les marnes inférieures de la Molasse d'eau douce et au contact de la Molasse marine et de la Molasse d'eau douce. En arrière du Pratzet, il lui a fallu scier, dans les grès et la nagelfluh de la Molasse marine, une gorge qu'on imagine assez semblable au cañon actuel de la Sarine en aval de Thusy.

A première vue, on pourrait croire que la Sarine a passé de Sur la Chaux par la dépression de Montévraz-dessus et a gagné ainsi le bassin du Mouret en suivant le cours du R. du Méser: c'est ce que laisse un peu entendre *H. Schardt*. Voici les raisons qui me font douter de ce trajet. A l'W de la Roche, la base visible des dépôts de remplissage est à environ 700 m. et, si l'on tient compte des alluvions du Bois Marmont, il est certain que le fond rocheux de la vallée est bien inférieur à 700 m. En admettant un fond rocheux de 620 à 650 m., on voit la profondeur énorme qu'il faudrait attribuer à ce cours interglaciaire, raccordé au fond rocheux de la vallée de la Roche proprement dite, soit environ 300 m., puisque Montévraz est à plus de 900 m. d'altitude.

Au Pratzet, à 800 m. d'altitude, il faut admettre un remplissage de quelque 150 m., ce qui est considérable si l'on tient compte de l'étroitesse de la vallée à cet endroit. Mais ce seuil passé, la vallée s'élargit considérablement.

Segment épigénétique de la Singine chaude à Sangernboden.

Le réseau hydrographique présente à Sangernboden certains traits qui demandent une explication. Le groupe de maisons est dominé à l'W par une butte arrondie de 40 m. environ de hauteur, faite de Flysch et non de terrain glaciaire ou fluvio-glaciaire. D'autre part, le ruisseau principal qui descend de l'arête de la Pfeife, le Halbsackgraben, au lieu de couler comme le font tous les autres tributaires latéraux perpendiculairement à la rivière principale, fait, en amont du monticule de Flysch, un angle droit pour gagner alors la Singine 400 à 500 m. plus à l'W.

Il y a là un phénomène d'épigénie qui est assez complexe. On a vu précédemment que le glacier des Muscheren, profitant du retrait du glacier de la Singine froide à l'E de Sangernboden, avait fait un bond dans la vallée principale. La moraine qu'il déposa oblitéra le thalweg principal de la Singine. Une fois le glacier des Muscheren retiré, la Singine a dû se frayer un cours nouveau. Contournant par le P. 980 l'éperon de Flysch de Untere Burg, la rivière a passé en dessous de Lindenboden pour rejoindre le tracé occupé aujourd'hui encore par le Halbsackgraben. Toutefois, ce dernier torrent n'utilise qu'en partie le cours momentané de la Singine; il se coude en effet brusquement au P. 963 alors que la Singine a passé par Kunzli-Moos pour n'atteindre son ancien lit, qui est celui de la Singine actuelle, qu'à Kunzli-Vorsass.

Dans la suite, la Singine parvint à percer la moraine qui lui barrait son tracé primitif et à reprendre son cours dans l'axe même de la vallée.

Dans sa partie tout à fait inférieure, la Singine froide a dû primitivement passer par Gutmannshaus et rejoindre la Singine chaude à la Säge. Le remplissage par les alluvions fluvio-glaciaires de la dépression de Gutmannshaus a obligé la Singine froide à creuser un nouveau lit entièrement dans le Flysch, de l'embouchure du Warmer Seitengraben jusqu'à son point actuel de confluence avec la Singine chaude.



Coupes géologiques
de la chaîne de la
BERRA

par
Jean Tercier

