

BEITRÄGE

zur

Geologischen Karte der Schweiz

herausgegeben von der

Geologischen Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft
subventioniert von der Eidgenossenschaft

Neue Folge, 63. Lieferung

Des ganzen Werkes 93. 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, 63^e livraison

93^e livraison de la collection entière

Géologie de la Chaîne de la Jungfrau

Avec 26 figures dans le texte et 10 planches

(Texte explicatif de la Carte géologique de la Chaîne de la Jungfrau,
Carte Spéciale n° 113)

Par

Léon W. Collet

Professeur à l'Université de Genève

et

Edouard Paréjas

Professeur à l'Université de Nanking

(Paru en Novembre 1931)

BERN

In Kommission bei A. Francke A.-G.

1931

Gedruckt bei Stämpfli & Cie.

BERNE

En commission chez A. Francke S. A.

1931

Imprimé par Stämpfli & Cie.

Préface de la Commission Géologique.

Dans la séance du 12 mars 1927, M. L. W. COLLET présenta à la Commission la «Carte géologique de la Chaîne de la Jungfrau» au 1:25 000^e levée par L. W. COLLET et E. PARÉJAS. La Commission en décida la publication dans la série des «Cartes géologiques spéciales»; elle a paru en 1928, comme Carte spéciale 113. Les auteurs ont entrepris le levé de cette carte de leur propre initiative et à leurs frais. La Commission leur est très reconnaissante d'avoir accompli ce travail qui, dans une région d'accès aussi difficile, n'a pu être mené à bien qu'au prix de grands efforts physiques.

A la même séance, la Commission a prévu la publication d'un texte explicatif, accompagné de coupes et vues géologiques. Le manuscrit en a été transmis à la Commission dans sa séance du 6 décembre 1930. La Commission tient à remercier les auteurs qui ont fourni gratuitement les planches en phototypie.

Les fossiles récoltés, les spécimens de roches et les coupes minces sont déposés au Laboratoire de Géologie de l'Université de Genève.

La Commission déclare que les auteurs sont seuls responsables du contenu du texte et des planches qui l'accompagnent.

Bâle, le 8 décembre 1930.

Pour la Commission Géologique de la
Société helvétique des Sciences naturelles:

Le président,

Dr A. Buxtorf, prof.

Le secrétaire,

O. P. Schwarz.

Préface des auteurs.

Ce mémoire est le texte explicatif de notre Carte géologique de la Chaîne de la Jungfrau publiée par la Commission Géologique en 1928, comme Carte spéciale n° 113. Nous avions espéré publier ce texte, et les profils qui l'accompagnent, en même temps que la carte, mais nous avons dû y renoncer faute de temps. Ce retard a eu l'avantage de nous permettre d'étudier les récentes galeries du Jungfraujoch et de profiter du déneigement extraordinaire de 1929 pour revoir et compléter certaines de nos observations antérieures, faites dans une période moins favorable.

Ce travail, commencé en 1918 par LÉON W. COLLET, a été dès lors poursuivi chaque année en étroite collaboration sur le terrain comme au laboratoire, à l'exception de l'étude microscopique des roches qui est l'œuvre de ED. PARÉJAS. On comprendra la nécessité d'une telle collaboration en songeant aux difficultés d'accès de notre région, dans laquelle le plus terrible ennemi du géologue est la fatigue physique.

Mieux que personne nous connaissons les imperfections de notre étude. Nous espérons cependant qu'elle représente une nouvelle approximation. Nous demanderons quelque indulgence à ceux qui seraient tentés de parachever notre travail, tout en leur souhaitant de trouver toujours la montagne dans d'excellentes conditions, ce qui ne fut souvent pas notre cas.

Qu'on nous permette en témoignage d'admiration d'évoquer ici le nom des grands pionniers qui nous ont ouvert la voie: les STUDER, les FELLEBERG et les BALTZER.

Nous avons contracté de nombreuses dettes de reconnaissance durant ces treize années. Qu'il nous soit permis, tout d'abord, de remercier la Commission Géologique qui a accepté de publier notre carte et notre mémoire et son très actif président, M. le professeur A. BUXTORF, qui a dirigé cette publication.

Notre ami commun, M. le professeur MAX REINHARD a pris une part active à notre campagne de 1919.

M. le professeur J. WEIGLÉ, alors assistant de physique, nous a accompagnés dans plusieurs courses difficiles.

MM. les professeurs O. T. JONES, F. R. S. de l'Université de Manchester, et W. J. PUGH de l'Université d'Aberystwyth ont tenu à partager nos joies et nos peines durant une campagne à la Jungfrau.

De nombreux collègues et confrères d'Angleterre et d'Amérique ont visité notre région lors de voyages d'études en Suisse. Les discussions que nous avons eues avec eux nous ont toujours été profitables.

Dans les premières années de nos recherches, nous avons été en contact suivi avec nos jeunes confrères MM. STAUFFER et KREBS qui travaillaient non loin de nous. Les résultats de leurs belles études nous ont été précieux.

Nous avons toujours trouvé auprès de M. le Dr LIECHTI, Directeur de la Jungfraubahn, l'accueil le plus charmant et l'aide la plus désintéressée.

Que tous, sans oublier nos étudiants, nos guides et porteurs, reçoivent ici l'expression de notre profonde gratitude.

20 décembre 1930.

Laboratoire de Géologie de l'Université de Genève,

Léon W. Collet.

Edouard Paréjas.

Table des matières.

	Page		Page	
<i>Préface de la Commission Géologique</i>	II	III. Description géologique.		
<i>Préface des auteurs</i>	III	1. La Jungfrau. — Le Rottal, La Rotefuh	23	
<i>Table des matières</i>	IV	2. Le Schwarz Mönch	28	
<i>Bibliographie</i>	V	3. Le Jungfrauoch. — L'Hôtel Fels, Le Sphinx, Les tunnels	33	
I. Les Terrains cristallins		1	4. Le Mönch. — La paroi W., l'Ober Mönch- joch	37
II. Stratigraphie.			5. L'Inner Fafertal (Lötschental)	39
A. Couverture sédimentaire du cristallin de Gastern	2	6. Le Lauterbrunnen Wetterhorn. — Le glacier de l'Innertal et le Tschingelhorn. Les bases du Lauterbrunnen Wetterhorn. L'arête faitière. La Kanzel et le versant W. du Wetterhorn	41	
<i>Trias</i>	2	7. L'Eiger. — Le Rotstock. L'arête W. L'Eiger- joch et l'arête S. La montée de la Bäregg à la Cabane du Bergli. Les coins cristallins de l'Unter Mönchjoch.	46	
<i>Jurassique</i>	5	8. Le Hörnli. — La rive gauche de la Lütchine et du glacier inférieur de Grindelwald. Les écailles parautochtones du Schüssellauen. La paroi N. et l'arête faitière du Hörnli	52	
1. Lias	5	9. Le Mittellegi	56	
2. Bajocien	7			
3. Bathonien et Callovien	9	IV. Tectonique.		
4. Oxfordien	11	1. Introduction	58	
5. Argovien	11	2. Le massif de Gastern et sa couverture sédi- mentaire	59	
6. Malm (Séquanien, Kimeridgien, Portlandien).	12	a) Les variations axiales	59	
<i>Crétacé</i>	13	b) Les coins cristallins	59	
Infravalanginien	13	c) Les mylonites gneissiques	60	
<i>Tertiaire</i>	15	3. La Nappe de Morcles-Doldenhorn	61	
1. Sidérolithique	15			
2. Brèche de Mürren	17			
3. Calcaires charbonneux	18			
4. Flysch	19			
B. La Nappe de Morcles-Doldenhorn	19			
<i>Trias</i>	19			
<i>Jurassique</i>	20			
Lias, Dogger	20			
Malm	20			
<i>Crétacé</i>	20			
1. Infravalanginien	20			
2. Valanginien-Hauterivien	20			
<i>Tertiaire</i>	22			

Bibliographie.

1. **Wytttenbach, J. S.** Beschreibung einer Reise, die im Jahre 1776 durch einen Theil (Lauterbrunner Gebirge) der Bernischen Alpen gemacht worden etc. Infolio. Bern 1776, 2^e éd., Bern 1783.
2. **Wytttenbach, J. S.** Kurze Anleitung für diejenigen, welche eine Reise durch einen Theil der merkwürdigsten Alpengegenden des Lauterbrunnenthals, Grindelwald, etc. Bern 1777. Traduction française Berne 1777.
3. **Hugi, F. J.** Naturhistorische Alpenreise. Solothurn 1830.
4. **Trechsel.** Gneus vom Gipfel der Jungfrau. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.*, année 1829. Lausanne 1830.
5. **Studer, B.** Correspondenz aus Bern. Beilage zu C. Kefersteins «Teutschland», Bd. VII. *Zeitung für Geognosie, Geologie, etc.* II. Stück. Weimar 1831.
6. **Studer, B.** Notice sur les Alpes bernoises. *Bull. Soc. géol. de France*, 1^{re} série, t. 2, p. 51—55. Paris 1832.
7. **Studer, B.** Correspondenz aus Bern. *Jahrb. f. Mineralogie, etc.* 3. Jahrg., p. 210. Heidelberg 1832.
8. **Studer, B.** Geologie der westlichen Schweizer-Alpen. Heidelberg und Leipzig 1834.
9. **Studer, B.** Essai sur la géologie des Alpes suisses occidentales. *Bull. Soc. géol. de France*, 1^{re} série, t. 7, p. 225—252. Paris 1835—1836.
10. **Studer, B.** Correspondenz aus Bern. *Neues Jahrb. f. Mineralogie etc.*, p. 694—700. Stuttgart 1836.
11. **Studer, B.** Geognostische Reise mit Herrn A. Escher von der Linth durch das Berner-Oberland. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.*, p. 104/105. Neuchâtel 1837.
12. **Studer, B. et Escher von der Linth, A.** Engrenages de gneiss dans le calcaire dans l'Oberland bernois. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat.*, 22^e session, p. 28. Neuchâtel 1837.
13. **Escher von der Linth, A.** Erläuterung der Ansichten einiger Contact-Verhältnisse zwischen krystallinischen Feldspathgesteinen und Kalk im Berner Oberlande. *Neue Denkschriften der allg. schw. Ges. für die gesamten Naturwiss.*, Bd. 3. Neuchâtel 1839.
14. **Studer, B.** Lettre à Martins sur les coins calcaires intercalés dans le gneiss des Hautes Alpes bernoises. *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e série, t. IV, p. 212. 1846—1847.
15. **Rütimeyer, L.** Recherches géologiques et paléontologiques sur le terrain nummulitique des Alpes bernoises. *Archives Sc. ph. et nat.*, t. 9, p. 177—192. Genève 1848.
16. **Studer, B.** Geologie der Schweiz. 2. Bd. Bern und Zürich 1851—1853.
17. **Studer, B.** Über das Vorkommen bauwürdiger Mineralien im Kanton Bern. *Berner Taschenbuch*, Bd. 4, Jahrg. 1855, p. 39—55. Bern 1855.
18. **Studer, B.** Zur Kenntnis der Kalkgebirge von Lauterbrunnen und Grindelwald. *Mitt. d. naturf. Ges. Bern*, 1859, p. 89—97. Bern 1859.
19. **Studer, B.** Les couches en forme de C dans les Alpes. *Archives Sc. ph. et nat.*, XI, p. 6—21. Genève 1861.
20. **Fellenberg, E. von.** Das Silberhorn mit geologischen Notizen über die Contactverhältnisse an der Jungfrau. *Jahrb. des S. A. C.*, 1. Jahrg., p. 313—363. Bern 1864.
21. **Studer, B.** Zur Geologie der Berner Alpen. *Neues Jahrb. f. Min. etc.*, p. 688—707. Stuttgart 1866.
22. **Studer, B.** Petrefakten des Eisensteins. *Mitt. d. naturf. Ges. Bern*, 1866, p. 297—298.
23. **Fellenberg, E. von.** Breithorn und Gross-Grünhorn. *Jahrb. des S. A. C.*, 3. Jahrg., p. 293—328. Bern 1866.
24. **Fellenberg, E. von.** Besteigung des Mönch von der Wengern-Alp aus. *Petermann's Mittheilungen*, p. 349—350. Gotha 1866.
25. **Fellenberg, E. von.** Notiz über den alten Marmorbruch von Grindelwald. *Mitt. naturf. Ges. Bern*. 1868.
26. **Fellenberg, E. von.** Fahrten im Berner Oberland. *Jahrb. des S. A. C.*, 5. Jahrg., p. 409—444. Bern 1869.

27. **Grad, Ch.** Observations sur la vallée de Grindelwald et ses glaciers. *Bull. Soc. de Géographie de Paris*, 5^e série, t. 17, p. 5—45. 1869.
28. **Fellenberg, E. von.** Geologische Notizen über das Lötschenthal. *Jahrb. des S. A. C.*, 6. Jahrg., p. 417 bis 420. Bern 1870.
29. **Studer, B.** Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz und ihrer Umgebungen. Bern 1872.
30. **Fellenberg, E. von.** Geologische Wanderungen im Gastern und den Lötschthalgebirgen. *Jahrb. des S. A. C.*, 8. Jahrg., p. 183—232. Bern 1873.
31. **Lory, Ch.** Observations sur la stratigraphie des Alpes graies et cottiennes. *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, t. 1, p. 266—279. Paris 1873.
32. **Lory, Ch.** Note sur quelques faits de la structure des massifs centraux des Alpes. *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, t. 1, p. 397—405. Paris 1873.
33. **Heim, Alb.** Observations sur la zone de contact des roches cristallines et des terrains sédimentaires dans les Alpes. *Archives Sc. ph. et nat.*, 2^e per., t. 48, p. 62/63. Genève 1873.
34. **Rothenbach, J. E.** Dreissig Tage auf der Wengern-Alp. Bern 1874.
35. **Rothenbach, J. E.** Geologische Studien im Gebiet des Trümmletenthals. *Mitt. d. naturf. Ges. Bern*, 1874, p. 42—80. Bern 1875.
36. **Dübi, H.** Das Schmadrijoch. *Jahrb. des S. A. C.* 1875/76.
37. **Baltzer, A.** Beiträge zur Geognosie der Schweizer Alpen: 3. Über ein eigenthümliches Lagerungsverhältniss an der Gränze von Gneiss und Kalk am Nordrand des Finsteraarhornmassivs. *Neues Jahrb. f. Min. etc.*, p. 673—688. 1877.
38. **Baltzer, A.** Beiträge zur Geognosie der Schweizer Alpen: 4. Über die nördliche Gränzregion der Finsteraarhorn-Centralmasse. *Neues Jahrb. f. Min. etc.*, p. 26—37. 1878.
39. **Fellenberg, E. von.** Kartenaufnahme des Finsteraarhornmassivs (auf Blatt XVIII der Dufourkarte). *Verhandl. d. Schweiz. naturf. Ges.*, p. 54—64. Bern 1878.
40. **Ischer, G.** Blicke in den Bau der westlichen Berner Alpen. *Jahrb. des S. A. C.*, 13. Jahrg., 1877—1878, p. 472—518. Bern 1878.
41. **Lory, Ch.** Essai sur l'orographie des Alpes occidentales considérée dans ses rapports avec la structure géologique de ces montagnes. *Bull. Soc. de Statistique de l'Isère*, 3^e série, t. 7, p. 330—394 et p. 437 à 444. Grenoble 1878.
42. **Lory, Ch.** Profils géologiques de divers massifs primitifs des Alpes et uniformité de composition et de structure de ces massifs. *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, t. 6, p. 546/547. Paris 1878.
43. **Lory, Ch.** Profils géologiques de quelques massifs primitifs des Alpes. *C. R. Ac. Sc. Paris*, 26 avril 1878, t. 86, p. 996—999.
44. **Fellenberg, E. von.** Geologische Wanderungen im Aare- und Rhonegebiet. *Jahrb. des S. A. C.*, 14. Jahrg. p. 242—294. Bern 1879.
45. **Baltzer, A.** Der mechanische Contact von Gneiss und Kalk im Berner-Oberland. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, Liefg. 20. Bern 1880.
46. **Fellenberg, E. von.** Die Kalkkeile am Nord- und Südrande des westlichen Theiles des Finsteraarhornmassivs. *Mitt. d. naturf. Ges. Bern*, 1880, p. 127—150. Bern 1881.
47. **Fellenberg, E. von.** (Traduit par S. Chavannes.) Les Alpes calcaires bernoises occidentales et l'aile occidentale du massif du Finsteraarhorn. Itinéraire du S. A. C. pour 1882/83. Lausanne 1883.
48. **Platz, Ph.** Geologisches aus der Gegend von Grindelwald. *Verhandl. d. naturwiss. Vereins in Karlsruhe*, Heft 9, p. 133—134. Karlsruhe 1883.
49. **Fellenberg, E. von.** Geologische Übersicht über das Excursionsgebiet i. e. dem centralen Theil des Finsteraarhornmassivs. *Jahrb. des S. A. C.*, 22. Jahrg., p. 3—35. Bern 1887.
50. **Baltzer, A.** Der mittlere Theil des Aarmassivs nebst einem Abschnitt des Gotthardmassivs (Bl. XIII). *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, 24. Liefg. Bern 1888.
51. **Fellenberg, E. von.** Geologische Notizen über das Lauterbrunner Wetterhorn. *Jahrb. des S. A. C.*, 25. Jahrg., p. 562—568. Bern 1890.
52. **Lory, Ch.** Etude sur la constitution et la structure des massifs de schistes cristallins des Alpes occidentales, C. R. 4^e session, Londres 1888, du Congrès géol. internat., p. 86—103, p. 204 et suiv. Londres 1891.

53. **Fellenberg, E. von, und Moesch, C.** Geologische Beschreibung des westlichen Theils des Aarmassivs enthalten auf dem nördlich der Rhone gelegenen Theile des Blattes XVIII der Dufourkarte. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, 21. Liefg. Bern 1893.
54. **Fellenberg, E. von, und Schmidt, C. I.** Beschreibung desjenigen Theiles von Blatt XVIII, welcher zwischen dessen Nordrand, dem Südabsturz der Blümlisalpette und der Rhone liegt. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, 21. Liefg. Bern 1893.
55. **Renevier, E. et Golliez, H.** XI^e voyage géologique au travers des Alpes centrales et occidentales de la Suisse. Livret-guide VI^e Congrès géol. internat., p. 197—233. Lausanne 1894.
56. **Baltzer, A.** Bemerkungen zu den Berner-Oberland-Profilen des Herrn Prof. H. Golliez im Livret-Guide géologique de la Suisse. C. R. 6^e session, Congrès géol. internat., p. 466—468. Lausanne 1894.
57. **Golliez, H. et Lugeon, M.** Sur la géologie de la chaîne des Hautes-Alpes bernoises entre l'Eiger et les lacs oberlandais. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 30, p. II/III. Lausanne 1894.
58. **Mösch, C.** Geologische Beschreibung des Centralgebietes der Schweiz enthalten auf Blatt XIII der Dufour-Karte, III. Abteilung, Geologische Beschreibung der Kalk- und Schiefergebirge zwischen dem Reuss- und Kienthal. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, 24. Liefg., III. Abt. Bern 1894.
59. **Haug, E.** Etudes sur la tectonique des Alpes suisses. I. *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, t. 24, p. 535—594. Paris 1896.
60. **Guyer-Zeller.** Das Projekt der Jungfraubahn, wissenschaftlich, technisch und finanziell beleuchtet. Zürich 1896.
61. **Golliez, H.** Die geologischen Verhältnisse der Jungfraubahn. *Die Schweizer-Bahnen*, 1. Jahrg., Nr. 12, p. 105—107. Zürich 1896.
62. **Golliez, H.** Résumé des études géologiques du tracé et des conditions géologiques qui en découlent. Brochure intitulée: «Chemin de fer de la Jungfrau, concession Guyer-Zeller.» Zürich 1896.
63. **Golliez, H.** Sur la tectonique des chaînes de l'Oberland bernois. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, t. 32, p. XLIV—XLVI. Lausanne 1896.
64. **Bertrand, M. et Golliez, H.** Les chaînes septentrionales des Alpes bernoises. *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, t. 25, p. 568—596. Paris 1897.
65. **Baltzer, A.** Studien am unteren Grindelwaldgletscher. *Neue Denkschr. d. schw. naturf. Ges.*, Bd. XXXIII, Abt. II. Georg, Basel 1898.
66. **Tobler, A.** Über die Gliederung der mesozoischen Sedimente am Nordrand des Aarmassivs. *Verhandl. d. naturf. Ges. Basel*, Bd. 12, p. 25—107. Basel 1898.
67. **Tobler, A.** Über Faciesunterschiede der unteren Kreide in den nördlichen Schweizeralpen. *Neues Jahrb. f. Min. etc.*, Jahrg. 1899, Bd. II, p. 142—152. Stuttgart 1899.
68. **Penck, A. und Brückner, E.** Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bde. Leipzig 1901—1910.
69. **Helgers, E.** Beiträge zur Geologie der westlichen Gehänge des Lauterbrunnentales. Inaug.-Diss. Bern 1905.
70. **Baltzer, A.** Das Berner oberland und Nachbargebiete. Ein geologischer Führer. *Samml. geol. Führer*, Nr. 11. Berlin 1906.
71. **Baltzer, A.** Erläuterungen zur geologischen Karte der Gebirge zwischen Lauterbrunnental, Kandertal und Thunersee in 1 : 50 000 von E. Gerber, H. Helgers und A. Trösch. *Erläut. z. geol. Karte d. Schweiz*, Nr. 5, 38 p. Bern 1907.
72. **Hugi, E.** Vorläufige Mitteilung über Untersuchungen in der nördlichen Gneisszone des zentralen Aarmassivs. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 9, p. 441—464. Lausanne 1907.
73. **Gerber, E.** Über das Vorkommen von Rhät in den Zwischenbildungen des Lauterbrunnentales. *Mitt. naturf. Ges. Bern*, 1907, p. 68—70.
74. **Baltzer, A.** Zwei Querprofile durch Aarmassiv und Berner-Oberland nach der Deckenhypothese. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 10, p. 150—164. Lausanne 1908.
75. **Buxtorf, A. et Truninger, E.** Über die Geologie der Doldenhorn-Fisistockgruppe und den Gebirgsbau am Westende des Aarmassivs. *Verhandl. d. naturf. Ges. Basel*, Bd. XX, p. 135—179. Basel 1909.
76. **Arbenz, P.** Zur Kenntnis der Bohnerzformation in den Schweizeralpen. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F. 24. Bern 1909.
77. **Buxtorf, A.** Geologische Prognose für den nördlichen Teil des neuen Tracé des Lötschbergtunnels bis Km. 8 vom Nordportal. *Verhandl. d. naturf. Ges. Basel*, Bd. XXI. 1910.

- 77^{bis}. **Paulcke, W.** Fossilführender «Röthidolomit». *Centralbl. für Min. etc.* p. 14—19, 1911.
78. **Truninger, E.** Geologisch-petrographische Studien am Gasterenmassiv (Inaug.-Diss.), 8^o, 97 p. Bern 1911.
79. **Seeber, H.** Beiträge zur Geologie der Faulhorngruppe (westlicher Teil) und der Männlichengruppe. Inaug.-Diss. Universität Bern. Lanz, Bern 1911.
80. **Boussac, J.** Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. p. serv. à l'expl. de la carte géol. dét. de la France.* Paris 1912.
- 80^{bis}. **Arbenz, P.** Über den vermeintlichen Lias von Innertkirchen. *Eclog. geol. Helv.* XII, p. 673—675, 1913.
81. **Lugeon, M.** Sur l'ampleur de la nappe de Morcles. *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 159, 13 juillet 1914.
82. **Zollinger, A.** et **Könitzer.** Schlussbericht an das eidgenössische Post- und Eisenbahndepartement über den Bau des Lötschbergtunnels der Berner Alpenbahn, 1906—1913. Bern 1914.
- 82^{bis}. **Adrian, H.** Geologische Untersuchungen der beiden Seiten des Kandertales im Berner Oberland. Inaug.-Diss. Bern. *Eclogae geol. Helv.* XIII, p. 238—351. 1915.
83. **Gerber, E.** Rhätfossilien aus den Zwischenbildungen von Trachsellaunen im Lauterbrunnental. *Eclogae geol. Helv.*, vol. XIII, p. 366. 1915.
84. **Hugi, E.** Kontaktschollen im Gneiss des obern Lauterbrunnentales. *Eclogae geol. Helv.*, vol. XIII, n^o 3, p. 359—365. 1915.
85. **Swiderski, B.** Sur les faciès de la couverture sédimentaire de la partie occidentale du massif de l'Aar. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 51, procès-verbal, p. 216—219. Lausanne 1917.
- 85^{bis}. **Lugeon, M.** Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Mat. Carte géol. de la Suisse*, N. S. 30, 3 fasc. Berne 1914—1918.
86. **Swiderski, B.** La partie occidentale du Massif de l'Aar entre la Lonza et la Massa. *Mat. Carte géol. de la Suisse*, livr. 47, p. 1. Berne 1919.
87. **Collet, L. W.** et **Reinhard, M.** Sur l'existence d'une lame de cristallin dans le sédimentaire de la Jungfrau. *C. R. séances Soc. Phys. et d'Hist. nat. Genève*, vol. 36, n^o 3, p. 69—71. 1919.
88. **Collet, L. W.**, **Reinhard, M.** et **Paréjas, Ed.** La géologie de la Jungfrau. *C. R. séances Soc. Phys. et d'Hist. nat. Genève*, vol. 36, n^o 3, p. 71/72. 1919.
89. **Collet, L. W.** et **Paréjas, Ed.** Note préliminaire sur la géologie de la Jungfrau et le chevauchement du Massif de l'Aar sur celui de Gastern. *Archives Sc. ph. et nat. Genève*, 5^e pér., vol. 1, p. 452—456. 1919.
- 89^{bis}. **De Loys, F.** Le décollement des terrains autochtones au col d'Emaney et au col du Jorat (massif de la Tour Salière-Dent du Midi). *Eclogae geol. Helv.*, XV, p. 303. 1919.
90. **Wehrli, L.** Die postkarbonischen Kohlen der Schweizeralpen. *Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Serie*, 7. Liefg. 1919.
91. **Arbenz, P.** Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen. *Heim, Festschr. d. naturf. Ges. Zürich*, Bd. 64, p. 246—275. 1919.
92. **Heim, Alb.** Geologie der Schweiz, 2 vol., 8^o. Leipzig 1919—1922.
- 92^{bis}. **Collet, L. W.** et **Paréjas, Ed.** Le chapeau de sédimentaire des Aiguilles Rouges de Chamonix et le Trias du massif Aiguilles Rouges-Gastern. *C. R. séances Soc. Ph. et d'Hist. nat. Genève*, vol. 37. 1920.
93. **Collet, L. W.** et **Paréjas, Ed.** La géologie du Schwarzmonch (Jungfrau) et la relation entre le massif de la Jungfrau et celui du Mont-Blanc. *C. R. séances Soc. Phys. et d'Hist. nat. Genève*, vol. 37, n^o 3, 1920.
94. **Hugi, E.** Zur Petrographie und Mineralogie des Aarmassivs. *Eclogae geol. Helv.*, vol. XV, n^o 4, p. 482—492. 1920.
- 94^{bis}. **Arbenz, P.** und **Müller, F.** Über die Tektonik der Engelhörner und den Bau der parautochthonen Zone zwischen Grindelwald und Engelberg. *Eclogae geol. Helv.*, XVI, 1920.
95. **Stauffer, Hans.** Geologische Untersuchung der Schilthorngruppe im Berner Oberland. *Mitt. d. naturf. Ges. Bern*, Jahrg. 1920, H. 1.
- 95^{bis}. **Lugeon, M.** et **Oulianoff, N.** Sur la géologie du massif de la Croix de Fer. *C. R. Ac. des Sc. Paris*. 17 septembre 1920.
96. **Buxtorf, A.** et **Collet, L. W.** Les relations entre le massif Gastern-Aiguilles Rouges et celui de l'Aar-Mont-Blanc. *Eclogae geol. Helv.*, XVI, p. 367—373. 1921.
97. **Collet, L. W.** La chaîne Jungfrau-Eiger-Mönch du point de vue géologique. *Echo des Alpes*. 397—414. Genève 1921.

98. **Collet, L. W.** et **Paréjas, Ed.** Stratigraphie du sédimentaire autochtone de la Jungfrau. I. Bajocien, Bathonien, Callovien. *C. R. séances Soc. Phys. et d'Hist. nat. Genève*, vol. 38, n° 2, p. 76—78. 1921.
99. **Morgenthaler, H.** Petrographisch-tektonische Untersuchungen am Nordrand des Aarmassivs. *Eclogae geol. Helv.*, vol. XVI, n° 2, p. 179—217. 1921.
100. **Huttenlocher, H.** Vorläufige Mitteilung zur Petrographie und Geologie des westlichen Aarmassivs. *Mitt. d. naturf. Ges. Bern*, H. 1. 1921.
101. **Bruderer, W.** Sur la tectonique et la stratigraphie du bord septentrional du massif de l'Aar. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 54, p. 209—214. Lausanne 1921.
102. **Beck, P.** Über autochtone und allochtone Dislokationen in den Schweizeralpen und ihrem nördlichen Vorland. *Eclogae geol. Helv.*, vol. XVII, n° 1, p. 94—111. 1922.
- 102^{bis}. **Paréjas, Ed.** Géologie de la Zone de Chamonix. *Mém. Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, vol. 39. 1922.
103. **Röthlisberger, P.** Beitrag zur Kenntnis der siderolitischen Bildungen in den Schweizeralpen. Inaug.-Diss. Bern 1922. Manuscrit et *Jahrb. d. phil. Fakultät II*, Bd. 3, Universität Bern. 1923.
104. **Collet, L. W.** et **Paréjas, Ed.** Nouveaux affleurements de mylonites (gneiss) au Lauterbrunnen-Wetterhorn et au Trümletental. *C. R. séances Soc. Phys. et d'Hist. nat. Genève*, vol. 40, n° 3, p. 143—146. 1923.
105. **Bruderer, W.** Les sédiments du bord septentrional du massif de l'Aar du Trias à l'Argovien. Thèse Lausanne, 8°. 1924.
106. **Louis, Karl.** Beiträge zur Geologie der Männlichengruppe (Berner Oberland). *Jahrb. d. Phil. Fakultät II, Universität Bern*, Bd. V, 8°. November 1924.
107. **Krebs, J.** Geologische Beschreibung der Blümlisalpgruppe. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., 54. Liefg. (III). Bern 1925.
108. **Collet, L. W.** et **Paréjas, Ed.** La géologie de l'Inner Faflertal et de l'Äusser Faflertal (Lötschental). *C. R. séances Soc. Phys. et d'Hist. nat. Genève*, vol. 42, n° 3, p. 141—144. 1925.
109. **Collet, L. W.** Geology of the Swiss Alps. *Proceedings Geologists' Association*, vol. XXXVII, p. 346—391. London 1926.
110. **Scabell, W.** Beiträge zur Geologie der Wetterhorn-Schreckhorn-Gruppe. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, 57, III. Bern 1926.
111. **Rohr, K.** Stratigraphische und tektonische Untersuchung der Zwischenbildungen am Nordrande des Aarmassivs. *Beitr. z. Geol. d. Schweiz* 57. Lief. (I). Bern 1926.
112. **Collet, L. W.** The structure of the Alps. London (Arnold) 1927.

Cartes géologiques.

- I. **Carte géologique de la Suisse au 1 : 100 000.** Feuille XIII. Interlaken-Stanz. 1887. Feuille XVIII. Brig-Ai olo. 1885.
- II. **Baltzer, A.** Kontaktzone von Kalk und Gneiss zwischen Lauterbrunnen- und Reusstal. 1 : 50 000. 1880.
- III. **Gerber, Ed., Helgers, Ed., Trösch, A.** Geologische Karte der Gebirge zwischen Lauterbrunnental, Kanderthal und Thunersee. 1 : 50 000. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, Spezialkarte Nr. 43 a. Profile Nr. 43 b. 1907.
- IV. **Swiderski, B.** Carte géologique de la partie occidentale du massif de l'Aar (entre la Lonza et la Massa), 1 : 50 000. *Mat. carte géol. de la Suisse*. Carte spéciale n° 89. Berne 1919.
- V. **Krebs, J.** Geologische Karte der Blümlisalpgruppe. 1 : 25 000. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*. Spezialkarte Nr. 98. Bern 1925.
- VI. **Collet, L. W.** et **Paréjas, Ed.** Carte géologique de la chaîne de la Jungfrau. 1 : 25 000. *Mat. carte géol. de la Suisse*. Carte spéciale n° 113. Berne 1928.

I. Les terrains cristallins.

Dans cette étude nous avons envisagé les terrains cristallins seulement du point de vue tectonique. C'est donc dire que leur pétrographie n'a pas été étudiée.

Les terrains cristallins que l'on rencontre dans notre région appartiennent:

1° au **massif de Gastern**, batholithe granitique, homologue du massif des Aiguilles Rouges de Chamonix;

2° à la **zone du Lötschental**, qui sépare le massif cristallin de Gastern de celui de l'Aar.

Dans le cristallin de la zone du Lötschental, nous avons distingué, selon COLLET (96, note p. 370), une partie externe représentée par le granite qui forme les sommets du Gletscherhorn, du Gespensterhorn, du Rottalhorn, de la Jungfrau et du Mönch que nous nommerons **granite de la Jungfrau**.

La partie plus interne de la zone du Lötschental est connue sous le nom de **paragneiss du Lötschental**.

Nous ignorons pour le moment s'il existe des relations d'ordre pétrographique entre le granite du massif de Gastern et celui de la Jungfrau.

BUXTORF et COLLET (96) avaient proposé, en 1921, une hypothèse de travail dans laquelle le granite de la Jungfrau était envisagé comme un élément tectonique séparé, qui aurait été arraché en profondeur par le chevauchement des paragneiss du Lötschental sur le cristallin de Gastern. Les résultats préliminaires de nos travaux sur la bordure méridionale du Petersgrat semblent ne pas confirmer cette manière de voir et nous sommes enclins à envisager le granite de la Jungfrau comme un élément pétrographique externe de la zone du Lötschental. Nous reviendrons du reste sur ce point dans le chapitre sur la tectonique.

II. Stratigraphie.

A. Couverture sédimentaire du cristallin de Gastern (Autochtone auct.).

Introduction.

Bien que la couverture sédimentaire du cristallin de Gastern, tout comme celle du massif des Aiguilles Rouges de Chamonix, ait été qualifiée d'*autochtone*, elle présente des duplications, des phénomènes de décollement provoquant des plissements secondaires ou des étirements, des écaillés dues à la pénétration de coins cristallins. Ces dislocations compliquent les études stratigraphiques. Les épaisseurs des couches que l'on est tenté de mesurer n'ont donc qu'une valeur relative, sauf dans de rares exceptions.

Nous avons reconnu dans la couverture sédimentaire du massif de Gastern, à l'E. de la Weisse Lütschine, les formations suivantes: Trias, Bajocien, Bathonien, Callovien, Argovien, Malm, Infra-valanginien, Nummulitique.

Trias.

Grâce à la prédominance de calcaires dolomitiques à patine jaune ou jaune-orange, le Trias souligne nettement le contact entre le cristallin et sa couverture sédimentaire. Il se voit de loin.

Ce Trias a été étudié récemment en détail par ED. GERBER (73, 83), W. BRUDERER (105) et J. KREBS (107). Les meilleures coupes de ce terrain ayant été décrites plusieurs fois, nous renvoyons le lecteur que des coupes détaillées intéresseraient aux travaux de nos confrères précités. Nous ne nous occuperons donc ici que des principales subdivisions du Trias qui nous permettront quelques considérations d'ordre paléogéographique.

A la suite de la découverte faite par W. PAULCKE (77^{bis}), en 1910, de plusieurs fossiles du Muschelkalk dans la Rötidolomit d'Innertkirchen et celle de ED. GERBER dans le même horizon à Steinberg (amont de Stechelberg, haute vallée de Lauterbrunnen), il semble indiqué, comme l'ont fait quelques auteurs avant nous, d'appliquer au Trias autochtone les subdivisions du Trias germanique. La présence du Rhétien fossilifère sur la rive gauche de la haute vallée de Lauterbrunnen, signalé en 1907 déjà par ED. GERBER, semble confirmer cette conclusion.

De bons affleurements de Trias se trouvent sur le sentier de la cabane du Rottal, entre Stechelberg et Stufensteinalp. Cependant, la partie moyenne et supérieure de ce Trias a souvent été décollée des Argillites du Buntsandstein et plissée séparément, ou étirée, par suite de l'avancée d'éléments tectoniques supérieurs sur la série sédimentaire de base.

Au bas du Mattenbach, le Trias autochtone est redoublé. La série supérieure, incomplète, montre, sur la rive droite du torrent, la succession suivante, de bas en haut (fig. 1):

- 1° Calcaires dolomitiques compacts; ils se litent au sommet en bancs d'une dizaine de centimètres d'épaisseur; 25 m.
- 2° Schistes argileux noirs, rouillés à la surface et renfermant des lits de grès; ils deviennent rouges au sommet; c'est l'équivalent des schistes à *Equisetum*; 10 m.

Sous le microscope (SLM), ce dépôt montre peu de calcaire. L'argile amorphe s'y présente en traînées avec des nids d'oxyde de fer. Le quartz clastique et la séricite sont abondants.

- 3° Calcaire dolomitique plus ou moins schisteux; 0,30 m.
- 4° Banc de calcaire dolomitique compact; 0,10 m.

5° Quartzite-grès; 1,20 m.

SLM. Localement, grâce à l'accroissement secondaire des grains de quartz, la structure du quartzite typique est réalisée. Ciment calcaire. Feldspaths rares, pyrite fréquente.

6° Calcaire dolomitique débutant par quelques intercalations argileuses; 3,50 m.

7° Schistes argileux bariolés, lie de vin et blanc-verdâtre; 6,50 m.

8° Calcaire dolomitique dur; 1 m.

SLM. Le quartz clastique est abondant en grains d'un diamètre maximum de 0,08 mm. Pyrite abondante, zircon et séricite présents.

9° Alternance de calcaire et de schistes argileux; 0,30 m.

10° Quartzite-grès, 0,20 m.

SLM. Le quartz secondaire est abondant. La quartzine se montre sous forme de sphérolithes, d'éventails, etc. Ciment calcaire. Pigment pyriteux.

11° Schistes argileux jaunâtres; 0,20 m.

12° Calcaire dolomitique dur à cassure conchoïdale; 0,25 m.

SLM. Quartz clastique rare en grains de 0,075 de diamètre maximum. Pigment pyriteux.

13° Argiles schisteuses; 0,20 m.

14° Calcaire oolithique; 0,60 m.

SLM. Les oolithes et le ciment ont subi une recristallisation importante. Quelques pseudo-oolithes sont reconnaissables. Le quartz secondaire est en agrégats. Une oolithe renferme une plage de quartz de néoformation à contour hexagonal.

15° Complexe d'argiles, de calcaires marneux et de zones conglomératiques; 1,20 m.

SLM. Dans le calcaire se sont développés des quartz secondaires réalisant leur forme cristalline.

16° Marnes noires à patine brune; 0,60 m.

SLM. L'argile se présente à l'état amorphe ou sous forme de *leverriérite* dont les plans de macle sont très inclinés sur la direction d'allongement des plages. C'est sans doute un résultat du laminage tectonique de la roche. Quartz clastique en grains de 0,09 mm de diamètre maximum. Séricite présente.

17° Calcaire compact marneux, dur, gris clair; 1 m.

18° Calcaire grumeleux bréchoïde alternant avec des marnes schisteuses; 0,25 m.

19° Calcaires dolomitiques compacts, durs, gris clair à gris bleu, en bancs de quelques centimètres d'épaisseur à la base; 2,50 m.

20° Grès, 0,20 m. Début de la transgression bajocienne.

SLM. Grès calcaire où une grande partie de la silice est secondaire. Les grains de quartz sont souvent moulés les uns sur les autres; ils manifestent parfois une extinction onduleuse et beaucoup ont une structure d'agrégat. La quartzine forme des sphérolithes excentrés, des éventails ou se développe en auréoles autour du quartz non fibreux. Ciment calcaire à grain fin, limonitique.

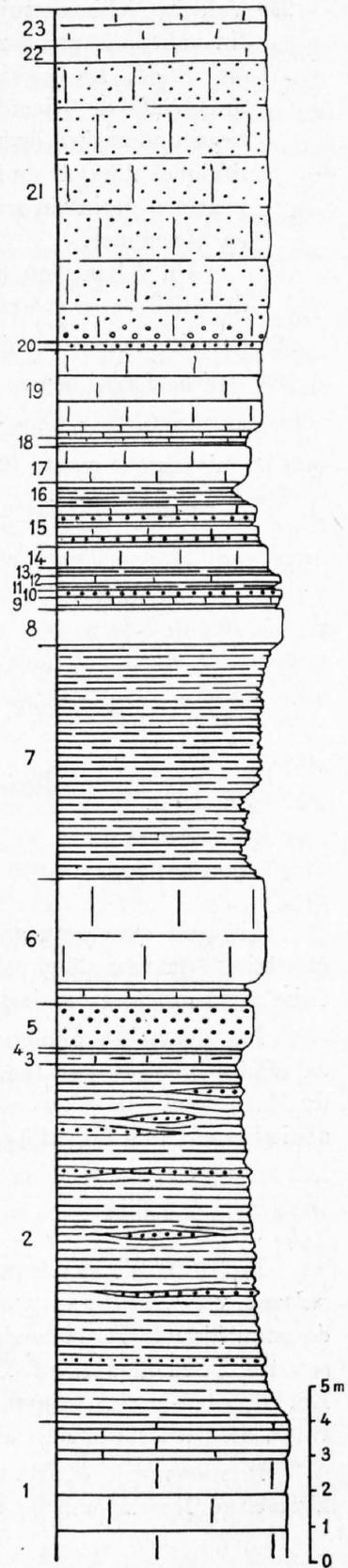


Fig. 1. Le Trias du Mattenbach (rive droite).

Légende dans le texte.

21° Calcaire échinodermique renfermant des inclusions de calcaire dolomitique; il devient plus fin vers le haut; 8 m *Dogger*.

SLM. Le calcaire de base est très zoogène; il est presque exclusivement constitué par des débris de crinoïdes, de piquants d'oursins et de Bryozoaires cyclostomes. Quartz clas- tique en grains épars. L'un d'eux mesure $\frac{1}{2}$ mm. Quartzine présente. Traînée stylo- lithiques d'oxyde de fer marquant des zones de dissolution. Des galets de calcaires jaunes phos- phatés à grain fin sont inclus dans le dépôt. L'un d'eux contient du quartz et de la pyrite en abondance.

Un échantillon de la partie supérieure de la formation montre une mosaïque de plages de calcite enchevêtrées enserrant des îlots de calcaire à grain fin et des grains de quartz.

22° Calcaire foncé tacheté de clair à Térébratules; 0,50 m.

23° Oolithe ferrugineuse; 1 m. *Callovien* pars.

Les calcaires dolomitiques n° 1, épais de 25 m, doivent appartenir au Muschelkalk, tandis que les niveaux suivants (2 à 19 compris), épais de 30 m, représentent le Keuper.

En résumé, le Trias autochtone de la vallée de Lauterbrunnen est constitué comme suit:

3° <i>Keuper</i> , 10—15 m	{	4° Calcaires dolomitiques.
		3° Argilites rouges et vertes.
		2° Schistes noirs et grès à <i>Equisetum</i> .
		1° Brèche.
2° <i>Muschelkalk</i> , 15—40 m	{	2° Dolomies à patine jaune (Rötidolomit).
		1° Cargneules (Rauhacke).
1° <i>Buntsandstein</i> , 0,2—6 m	{	2° Argilites vertes ou rouges.
		1° Quartzites ou grès quartzeux.

1. Buntsandstein.

Les grès quartzeux grossiers que l'on rencontre au-dessus de Stufensteinalp ainsi que les quartzites du versant gauche de la haute vallée de Lauterbrunnen marquent la transgression du Trias sur la surface continentale permienne.

Les quartzites diminuent d'épaisseur à l'W., sur la rive gauche de la Lutschine. Nous avons, en effet, remarqué que tandis qu'ils atteignent une épaisseur de 3 m à Stechelberg, dans le ravin du Mattenbach, ils n'ont plus que 0,20—0,30 m entre l'Hôtel Tschingelhorn et l'Hôtel Obersteinberg. Aux Schafläger les quartzites n'ont pas plus de 0,10 m d'épaisseur.

2. Muschelkalk.

En 1910, W. PAULCKE a découvert dans la Rötidolomit d'Innertkirchen *Myophoria* cf. *vulgaris*, une *Gervillia* et plusieurs formes rappelant *Nucula gregaria*, MÜNST. Ces fossiles permettent de paralléliser la Rötidolomit de l'Autochtone avec le Muschelkalk. Ils démontrent, de plus, que la cuvette germanique, au Trias, s'étendait jusqu'à la bordure N. de l'Avant-Pays Hercynien. ED. GERBER ayant trouvé *Pleuromya musculoides* dans la Rötidolomit de Steinberg (Haute vallée de Lauterbrunnen), les conclusions de PAULCKE sont ainsi confirmées.

Dernièrement, K. ROHR (111) a également confirmé l'attribution de la Rötidolomit d'Innertkirchen au Muschelkalk en trouvant dans le gisement découvert par PAULCKE:

Myophoria cf. *orbicularis*, BR.

Myophoria cf. *vulgaris*, SCHLOT.

Nucula cf. *Goldfussi*, ALB.

Pecten cf. *discites*, SCHLOT.

3. Keuper.

W. BRUDERER a montré que les schistes argileux à *Equisetum* sont beaucoup plus développés sur le versant gauche de la haute vallée de Lauterbrunnen que dans le soubassement de la Jungfrau. Cet auteur a, de plus, remarqué le passage graduel des schistes argileux à des formations plus siliceuses où les colorations rouges s'observent, comme au-dessus de Stufensteinalp. Nos observations confirment celles de notre confrère.

La présence d'*Equisétacées*¹⁾ est importante, car elle nous indique qu'une basse terre émergée devait se trouver non loin et le passage des schistes à *Equisetum* à des formations plus siliceuses, souvent de couleur rouge, nous indique que c'est vers le S. qu'elle devait se trouver.

L'absence de Trias au-dessus de la cabane du Rottal, où l'on voit les calcaires à grains de quartz du Bajocien en transgression sur la surface continentale permienne peut s'expliquer par une émergence de cette région pendant le Trias ou bien par l'enlèvement des dépôts triasiques lors de la transgression bajocienne. L'un de nous (ED. PARÉJAS) a découvert la même lacune sur la bordure sud des Aiguilles Rouges de Chamonix.

A la Kalte Brunnen, au-dessus de Stufensteinalp, sur le sentier qui conduit à la cabane du Rottal, les calcaires dolomitiques qui représentent la terminaison du Keuper (voir coupe p. 3) montrent à leur partie supérieure de nombreuses perforations dues à des mollusques lithophages. C'est l'indice de l'émergence qui va se produire durant le Lias.

A la place du déjeuner au Kalli (versant S. de l'Eiger), nous avons trouvé sur les quartzites du Buntsandstein des schistes noirs argileux, avec intercalations de bancs de calcaires dolomitiques, se terminant par des dolomies massives à patine jaune-orangé. Il est impossible de dire si on se trouve en présence d'un Trias complet ou réduit.

D'une manière générale, ce faciès correspond assez bien à celui que nous avons observé sur le Belvédère des Aiguilles Rouges de Chamonix. Les subdivisions que nous avons indiquées dans le Trias, précédemment, ont été établies à une certaine distance au N. de la côte. Dès que, dans notre région, on se dirige vers le S. on se rapproche de la terre et les faciès par là même se modifient.

W. BRUDERER estime que les sédiments du Keuper, dans notre région, ne s'étendent pas aussi loin vers le S. que les sédiments du Muschelkalk. L'émergence si caractéristique du massif des Aiguilles Rouges et du massif de Gastern durant le Lias aurait débuté déjà au Keuper. Si nous acceptons cette manière de voir, les interstratifications de calcaires dolomitiques et de schistes argileux à *Equisetum* qui, au Kalli, reposent sur les quartzites et se terminent par des dolomies massives représenteraient peut-être seulement le Muschelkalk.

Quoi qu'il en soit, la présence des schistes à *Equisetum* dans la haute vallée de Lauterbrunnen et de schistes argileux noirs tout à fait comparables dans le soubassement de la Jungfrau, au Col du Jorat (d'après DE LOYS, 89^{bis}) et au Belvédère (92^{bis}) montre que ces localités se trouvaient dans la même zone de sédimentation au Keuper.

Jurassique.

1. Lias.

L'un de nous (ED. PARÉJAS) a montré que le Lias manque complètement dans la couverture sédimentaire des Aiguilles Rouges de Chamonix. Le Lias a pu s'y déposer, mais il aurait été complètement enlevé par la transgression des calcaires échinodermiques du Bajocien.

¹⁾ Récemment *Gignoux et Moret* (Compte Rendu sommaire Soc. Geol. France. 1929 p. 19.) ont fait remarquer que les *Equisetenschiefer* de KREBS, contenant des empreintes de *Pterophyllum*, appartiennent au Schilfsandstein du Keuper germanique, soit au sommet du Trias. Ainsi les couches 3 et 4 du Keuper représentent probablement le passage du Trias au Rhétien ou même la base du Rhétien.

Ce phénomène n'est pas si prononcé dans la haute vallée de Lauterbrunnen, dans la couverture sédimentaire du massif de Gastern. En effet, le Rhétien existe sur rive gauche de la Lütschine, en amont de Stechelberg. Enfin, les schistes argileux noirs qui séparent les calcaires échinodermiques du Bajocien des sédiments siliceux du Rhétien, représenteraient d'après J. KREBS l'Aalénien. P. ARBENZ (80^{bis}) a, en effet, trouvé dans la région d'Innertkirchen des fossiles de cet étage dans les calcaires échinodermiques qui transgressent sur la Rötidolomit érodée. Ces calcaires sont recouverts par des schistes argileux, souvent sableux et ferrugineux appartenant aussi à l'Aalénien, comme le prouvent les fossiles.

K. ROHR a montré que dans la Augstgummbasis, les calcaires échinodermiques de l'Aalénien manquent et que les schistes argileux transgressent directement sur la Rötidolomit et disparaissent par érosion plus loin vers le S. où l'on trouve le Bajocien en contact stratigraphique avec la Rötidolomit érodée. Ces importantes observations de K. ROHR nous permettront de mieux comprendre les raisons de la présence, sur rive gauche de la Lütschine, de schistes argileux de l'Aalénien et leur absence dans la base de la Jungfrau, c'est-à-dire sur rive droite de la rivière.

Rhétien.

Le Rhétien a été découvert par ED. GERBER en 1907 à Schafläger et au Schluchgraben, en amont de Stechelberg. J. KREBS (107) l'a trouvé à Schopf en 1925 et a montré qu'il manquait dans la Sefinenschlucht. Nous ne l'avons jamais rencontré sur la rive droite de la Lütschine, dans le soubassement de la Jungfrau, et KREBS indique qu'il manque également dans le Gasterntal.

Il est représenté par des quartzites, des calcaires sableux et des calcaires siliceux. Il n'est pas possible de le confondre avec les formations du Trias sous-jacent et celles du Dogger qui le recouvrent. ED. GERBER en cite les fossiles suivants :

<i>Myophoria Ewaldi</i> , BORNEMANN.	nombreux.
<i>Myophoria depressa</i> , MOORE.	3 ex.
<i>Avicula contorta</i> , PÖRTL.	2 »
<i>Placunopsis</i> , sp.	1 »
<i>Cardita austriaca</i> , v. HAUER.	3 »
<i>Leda percaudata</i> , GÜMBEL.	2 »
<i>Leda Deffneri</i> O und S.	1 »
<i>Gervillia praecursor</i> , QUENST.	2 »
<i>Corbula alpina</i> , WINKLER.	1 »

Les fossiles trouvés par W. BRUDERER confirment les déterminations et les conclusions de ED. GERBER.

Aalénien.

J. KREBS a placé dans l'Aalénien des schistes argileux d'une épaisseur de 0,15 m qui séparent le Rhétien des calcaires échinodermiques du Bajocien, à Schafläger, au Schluchgraben, à Schopf ainsi qu'à la Sefinenschlucht. Bien que ces schistes argileux n'aient pas fourni de fossiles, nous pensons qu'ils peuvent être rapprochés des schistes aaléniens paléontologiquement déterminés par K. ROHR à l'E. de notre région. Cet auteur a eu la bonne fortune de trouver un Aalénien bien développé qui lui a permis de déterminer deux transgressions et deux émerSIONS, comme suit :

- 1° Transgression des calcaires échinodermiques aaléniens sur le Trias.
- 2° EmerSION avec dénudation complète ou partielle du niveau précédent.
- 3° Transgression des schistes aaléniens.
- 4° EmerSION avec dénudation complète des schistes aaléniens au S.

Dans le soubassement de la Jungfrau, nous n'avons pas trouvé les schistes aaléniens. Le Bajocien inférieur manque, comme nous le verrons plus loin, et les calcaires échinodermiques à *Stephanoceras Humphriesi* reposent directement sur le Trias. L'absence du Bajocien inférieur (Zone à Wit-

chellia laeviuscula) confirme donc la deuxième émergence découverte par ROHR avec dénudation complète de l'Aalénien.

Nous arrivons ainsi à la conclusion que dans la région de la Jungfrau, il est possible que l'Aalénien ait été déposé, puis dénudé complètement.

2. Bajocien.

Le Trias supporte une série transgressive qui débute par des calcaires échinodermiques passant graduellement à des calcaires avec intercalations marneuses. Des fossiles récoltés près de Stechelberg et sur la vire qui conduit de la Kalte Brunnen au Schwarz Mönch nous permettent de préciser l'âge de ces formations. Dans le Mattenbach près de Stechelberg, nous avons relevé la coupe suivante, de bas en haut, sur le Trias:

- 1 a. Calcaires grossièrement spathiques, gris-noirs, avec éléments dolomitiques à la base; 6 m.
- 1 b. Calcaires finement spathiques gris; 2 m.

2° Calcaires, gris-bruns à la surface, noirs à la cassure, finement spathiques à la base; 0,50 m, où nous avons trouvé:

<i>Terebratula sphaeroidalis</i> , Sow.	18 ex.
» <i>fimbria</i> , Sow.	3 »
» <i>Philippsii</i> , MORRIS.	7 »
<i>Rhynchonella obsoleta</i> , Sow.	2 »
» <i>Hopkinsi</i> , Mc COY (in Kilian et Revil, Alpes occidentales) . .	1 »

3° Oolithe ferrugineuse; 1 m.

Sur la vire Kalte Brunnen-Schwarz Mönch, on observe, sur le deuxième Trias:

1° Calcaires spathiques gris.

2 a. Calcaires brunâtres à l'extérieur, noirs à la cassure, avec de rares oolithes; 1—2 m, où nous avons récolté un *Perisphinctes Martinsii*, D'ORB.

2 b. Calcaires noirs avec intercalations marneuses; 0,25 m. Nous y avons trouvé:

<i>Terebratula sphaeroidalis</i> , Sow.	3 ex.
» <i>Stephani</i> , DAV.	3 »
» <i>ventricosa</i> , ZIET.	6 »
<i>Parkinsonia acris</i> , WETZEL	1 »
» <i>subarietis</i> , WETZEL.	3 »
» <i>planulata</i> , QU.	2 »
<i>Perisphinctes (Leptosphinctes) leptus</i> , BUCK.	1 »
» <i>(Vermisphinctes) vermiformis</i> , BUCK.	1 »

3° Oolithe ferrugineuse.

KREBS¹⁾ ayant trouvé, dans la couche 1, un *Stephanoceras Humphriesi*, à l'W. de Stechelberg, dans la Sefinenschlucht, nous en déduisons que les calcaires spathiques, qui forment le niveau 1 (1 a et 1 b), appartiennent au Bajocien moyen. Les fossiles des niveaux (2 a et 2 b) indiquent le Bajocien supérieur.

Grâce à l'amabilité de M. le Dr GERBER, directeur du Musée de Berne, nous avons pu revoir les déterminations des fossiles de ce Musée récoltés dans la même région, à la Stufensteinalp et au Mattenbach, lors de l'exploitation de l'Oolithe ferrugineuse. La gangue des fossiles nous a permis de les placer, avec certitude, dans les niveaux décrits ci-dessus:

Gisement de la Stufensteinalp, sentier du Rottal.

<i>Garantia Garantii</i> , D'ORB.	2 ex.	} Zone à <i>Garantia Garantii</i> }	Bajocien supérieur Niveau 2 b.
<i>Parkinsonia radiata</i> , RENZ	1 »		
» <i>subarietis</i> , WETZEL	9 »		
» sp.	6 »		

¹⁾ Lettre du 26 novembre 1920.

Gisement du Mattenbach, près Stechelberg.

<i>Garantia Garanti</i> , D'ORB.	1 ex.	} Zone à <i>Garantia Garanti</i>	Bajocien supérieur	Niveau 2 b.
» <i>densicostata</i> , QU.	1 »			
<i>Stephanoceras Blagdeni</i> , Sow.	1 »	Zone à <i>W. Romani</i>	Bajocien moyen	Niveau 2 a.

Conclusions: Les fossiles cités ci-dessus montrent que le Bajocien moyen et supérieur sont représentés dans l'autochtone de la base de la Jungfrau. Par contre, le Bajocien inférieur ferait défaut. Cette dernière constatation confirmerait la deuxième émergence de ROHR dont nous avons parlé au chapitre précédent sur l'Aalénien.

A l'angle E. et à la base de la paroi triangulaire qui termine au N. la Kanzel, nous avons trouvé sur le Trias des calcaires échinodermiques grossiers du Bajocien dont la partie supérieure, sur une épaisseur de 4 à 5 m, est hématisée et possède de ce fait une teinte rouge. KREBS ayant noté l'absence totale du Jurassique autochtone dans le vallon de Gastern, par suite de l'émergence de ce dernier massif durant cette période, il est probable que le fer qui hématise les calcaires échinodermiques provient de cette région.

Coupe 506. Bajocien. Base du Kanzelhorn.

Calcaire échinodermique typique. Les fragments de crinoïdes ont souvent conservé leur structure originelle. Un reste de Bryozoaire cyclostome et des Foraminifères indéterminables. Le ciment est un calcaire à grain fin renfermant du quartz disséminé (grains de 0,16 mm de diamètre maximum). Galets arrondis de calcaire phosphaté à patine jaune (2 mm de diamètre maximum).

Coupe 509. Bajocien. Base du Kanzelhorn.

Les restes de Crinoïdes sont épigénisés par l'hématite rouge qui emplit les cellules. Le ciment lui-même est hématisé et renferme des feutrages de chamosite en paillettes clivées. Allongement positif. Extinction parallèle aux clivages. Polychroïsme bien marqué: ng. vert glauque, np. jaune pâle.

Des fragments de Bryozoaires et de Foraminifères sont observables. Quartz clastique en grains clairsemés (0,31 mm de diamètre maximum).

Coupe 524. Dogger supérieur. Base du Kanzelhorn.

Mosaïque de calcite en rhomboèdres ou en plages engrenées. Quartz secondaire et clastique, ce dernier en grains clairsemés (0,47 mm de diamètre maximum).

Au-dessus de la cabane du Rottal, les calcaires échinodermiques du Bajocien transgressent directement sur le cristallin. Ils contiennent à leur partie inférieure des nodules phosphatés et des grains de quartz. Le diamètre et le nombre de ces derniers diminuent vers le haut de la formation.

Coupe 186. Bajocien. Au-dessus de la cabane du Rottal.

Calcaire échinodermique écrasé. Les fragments de Crinoïdes qui ont souvent conservé leur structure cellulaire ont résisté au laminage, tandis que le ciment a acquis une texture fluidale. Le quartz détritique est abondant ainsi que les galets arrondis de calcaire dolomitique phosphaté et ferrugineux empruntés au Trias.

Coupe 994. Bajocien. Au-dessus de la cabane du Rottal.

Calcaire échinodermique moins écrasé que le précédent, mais la structure organique des fragments de crinoïdes a disparu presque entièrement par recristallisation. Quartz moins abondant.

Coupe 981. Bajocien. Au-dessus de la cabane du Rottal.

Nodule phosphaté à structure concentrique de section ovale mesurant 13 × 7 mm. Au centre un nucléus à grain fin contenant peu de quartz détritique et de séricite. L'enveloppe contient notablement plus de silice et de séricite. Les grains de quartz y sont par places groupés en amas arrondis.

Coupe 499. Dogger de l'écaïlle III a. Schwarz Mönch (Balme des chasseurs).

Calcaire échinodermique écrasé et très altéré par recristallisation. Grains de quartz clairsemés, disloqués. Un calcaire jaune dolomitique et phosphaté se trouve à l'état de galets arrondis.

Coupe 500. Dogger de l'écaïlle III a. Schwarz Mönch (Balme des chasseurs).

Calcaire échinodermique écrasé. Grains de quartz assez abondants (1 mm de diamètre maximum), mais souvent disloqués; extinction onduleuse. Nombreux éléments roulés d'un calcaire jaune magnésien et phosphaté.

Coupe 990. Bajocien. Rotefluh.

Calcaire échinodermique écrasé. Les gros fragments ont résisté au laminage tectonique. Plusieurs ont même conservé leur structure organique; d'autres sont devenus lenticulaires. Le reste de la roche a été pulvérisé et recristallisé avec une texture fluidale. Quartz peu abondant (diamètre maximum des grains 0,15 mm).

Coupe 1011. Dogger de l'écaïlle III a. Schwarz Mönch.

Calcaire très gréseux broyé et recristallisé. Les quartz disloqués montrent une extinction onduleuse et ont été recimentés par de la calcite secondaire. La chamosite et les oxydes de fer sont en traînées fluidales.

Coupe 983. Bajocien. Kalli.

Calcaire échinodermique écrasé. Structure cellulaire des Crinoïdes parfois conservée.

3. Bathonien et Callovien.

Les calcaires noirs, à intercalations marneuses, du Bajocien supérieur passent à l'Oolithe ferrugineuse qui, dans notre région, a été déterminée par C. MÖSCH (53, II, p. 28) comme bathonienne et callovienne. D'aucuns ayant la tendance de considérer cette formation comme uniquement callovienne, nous avons révisé les déterminations des Ammonites du Musée de Berne provenant des anciennes exploitations d'oolithe ferrugineuse à la Stufensteinalp et au Mattenbach près de Stechelberg. Nous y avons reconnu:

Gisement de la Stufensteinalp:

<i>Hecticoceras submattheyi</i> var. <i>aplanata</i> , LEE	1 ex.	} Zone à <i>Reineckeia anceps?</i>	} Callovien.
» <i>Pompeckyi</i> , PAR. BON.	1 »		
» <i>Salvadorii</i> , PAR. BON.	1 »		
» <i>metomphalum</i> var. <i>multicosta</i> , BON.	1 »		
<i>Haploceras</i> , sp.	1 »	} Zone à <i>Macrocephalites macrocephalus</i>	
<i>Phylloceras</i> , sp.	1 »		
<i>Macrocephalites macrocephalus</i> , SCHLOTH.	6 »		
<i>Perisphinctes funatus</i> , OPP.	3 »		
» <i>curvicosta</i> , OPP.	5 »		
» <i>furcula</i> , NEUM.	1 »	} Zone à <i>O. aspidoides</i> .	
» <i>de Mariae</i> , PAR. BON.	2 »		
» <i>subtilis</i> , NEUM.	5 »		
» <i>aff. evolutus</i> , NEUM.	1 »	} Zone à <i>O. fusca</i> Bathonien.	
<i>Nautilus Kumagunensis</i> , WAAG.	1 »		
<i>Nautilus</i> sp.	1 »		
<i>Oppelia aspidoides</i> , OPP.	1 »		
» <i>fusca</i> , QU.	2 »	} Zone à <i>O. fusca</i> Bathonien.	
» <i>subradiata</i> , SOW. var. D. (FAVRE)	2 »		
<i>Parkinsonia Neuffensis</i> , OPP. = (<i>Haselburgites admirandus</i> , BUCKM.)	2 »		
<i>Lytoceras tripartitum</i> , RASP.	1 »		

Gisement de Mattenbach, près Stechelberg:

<i>Hecticoceras lunuloïdes</i> , KILIAN	1 ex.	} Zone à <i>Reineckeia anceps</i>	} Callovien.
» <i>pseudopunctatum</i> , LAHUSEN	2 »		
» <i>Paulowi</i> , TSYT.	1 »		
<i>Phylloceras</i> , sp.	1 »	} Zone à <i>Macrocephalites macrocephalus</i>	} Bathonien.
<i>Macrocephalites macrocephalus</i> , SCHLOTH.	1 »		
<i>Perisphinctes funatus</i> , OPP.	2 »		
» <i>curvicosta</i> , OPP.	6 »	} Zone à <i>O. aspidoides</i>	}
» <i>subtilis</i> , NEUM.	1 »		
» <i>Moorei</i> , OPP.	1 »		

Le Musée de Genève possède aussi quelques Ammonites de ce même gisement. Nous y avons reconnu:

<i>Hecticoceras pseudopunctatum</i> , LAHUSEN forme tendant vers <i>H. Salvadorii</i> , PAR. et BON. (in TSYTOVITCH, pl. IX, fig. 2)	} Zone à <i>Reineckeia anceps</i>	} Callovien.
<i>Hecticoceras Lugeoni</i> , TSYT. Forme mixte entre <i>Hecticoceras nodosum</i> , BON. var. <i>Quenstedti</i> , TSYT. et <i>Hecticoceras metomphalum</i> , BON. var. forme C, TSYT.		
<i>Hecticoceras pseudopunctatum</i> , LAHUSEN <i>Hecticoceras cf. Brighti</i> , PRATT. var. <i>subnodosa</i> , TSYT.		
<i>Macrocephalites macrocephalus</i> , QUEN. var. <i>Canizzaroi</i> , GEMM.	} Zone à <i>Macrocephalites macrocephalus</i>	} Bathonien.
<i>Perisphinctes (Grossowria) crassus</i> , SIEM.		
<i>Perisphinctes triplicatus</i> , QUEN.		
<i>Oppelia fusca</i> , QUEN.	Zone à <i>O. fusca</i>	

Cette révision nous permet donc de confirmer les vues de MÖSCH. L'Oolithe ferrugineuse, dans notre région, est donc bien d'âge bathonien et callovien. En certains endroits, comme sur la vire qui conduit de la Kalte Brunnen au Schwarz Mönch, l'apparition des oolithes ferrugineuses se fait même déjà dans le Bajocien supérieur.

Les calcaires gris et les schistes du Sefinental que KREBS a placés dans le Bathonien nous paraissent appartenir au Bajocien supérieur.

La partie inférieure du Bathonien de ROHR (Untere Eisenoolith) nous paraît devoir être placée dans le Bajocien supérieur. Cet auteur indique, en effet, que STUTZ a trouvé dans cet horizon *Garantia Garanti*. Or, cette Ammonite est une des formes caractéristiques du Bajocien tel qu'il a été créé par D'ORBIGNY. Les «untere Parkinsonschichten» de WETZEL¹⁾ doivent, à notre avis, être placées dans le Bajocien supérieur.

L'oolithe ferrugineuse est souvent très laminée, comme les autres roches de la région. L'examen microscopique de cette formation révèle d'intéressants phénomènes, comme le montrent les diagnoses des coupes suivantes:

Coupe 183. Callovien. Rotefluh.

Oolithe ferrugineuse écrasée. Parmi les rares oolithes qui ont subsisté, les mieux conservées présentent un nucléus de sidérite; la plus grande partie de l'enveloppe est en chamosite et la pellicule externe est hématisée. Quelques plages échinodermiques sont reconnaissables. Le ciment est un mélange de calcite, de sidérite, de chamosite et d'hématite. La roche est traversée de fissures dans lesquelles ont recristallisé la sidérite ou la chamosite, parfois les deux ensemble par tronçons alternants.

Quartz clairsemés en grains de 0,16 mm au maximum.

¹⁾ Wetzels, W. Faunistische und stratigraphische Untersuchung der Parkinsonschichten des Teutoburger Waldes bei Bielefeld. Palaeontographica. LVIII. Band. Stuttgart 1911.

Coupe 182. Callovien. Rotefluh.

Oolithe ferrugineuse écrasée. Les oolithes, hématisées, sont réduites à des lentilles très aplaties. Des fragments de crinoïdes ont résisté au laminage; ils sont intacts ou à peine déformés. Le ciment, en grande partie hématisé, est riche en chamosite cryptocristalline et en sidérite.

Les fissures sont remplies par une recristallisation de la chamosite, de la sidérite et dans une faible mesure de la calcite. Quartz clastique et secondaire.

Coupe 993. Callovien. Rotefluh.

Oolithe ferrugineuse écrasée. Oolithes très étirées; les moins déformées montrent un nucléus carbonaté et une enveloppe de chamosite à structure concentrique. Quelques fragments d'échinodermes. Le quartz est clairsemé en petits grains de 0,13 mm de diamètre maximum; limonite abondante; pyrite en gros cristaux.

Coupe 184. Callovien (?). Au-dessus de la cabane du Rottal.

Calcaire échinodermique écrasé. Les débris de Crinoïdes peuvent être épigénisés par l'hématite ou la chlorite. Ces deux minéraux prennent une part prépondérante à la constitution du ciment. La chamosite se présente sous forme de feutrages de paillettes ou de plages homogènes allongées.

Coupe 992. Callovien (?). Au-dessus de la cabane du Rottal.

Calcaire échinodermique écrasé dont les éléments organiques ont le plus souvent perdu leur structure par recristallisation de la calcite. Ciment peu abondant constitué par de l'hématite et pour une moindre part, de calcite et de chamosite. Quartz clastique très rare.

Coupe 1007. Callovien. Base du Kanzelhorn.

Minéral de fer à structure zonée. Dépôt concrétionné formé d'une alternance de minces couches ondulées de chamosite, hématite et calcite. Des oolithes hématisées sont englobées dans la formation ainsi que des débris de Crinoïdes et de Foraminifères.

Coupes 489 et 988. Callovien (?). Jungfraujoch.

Calcaire pyriteux et siliceux. La pyrite est abondante en traînées parallèles séparées par des zones calcaires imprégnées de silice secondaire (quartzine et quartz en agrégats). Dans les zones ferrugineuses la silice moule les pyrites. Le quartz a souvent une extinction onduleuse. Chamosite en feutrages.

4. Oxfordien.

L'Oxfordien n'existe pas dans notre région. Est-ce à dire qu'il n'ait pas été déposé? La réponse à cette question a été donnée par KREBS (107). En effet, cet auteur a trouvé au «Schluchgraben» un banc de calcaire finement spathique et ferrugineux, situé entre l'Oolithe ferrugineuse et l'Argovien, qu'il envisage comme étant un reste d'Oxfordien épargné par l'érosion. La dénudation de cet Oxfordien aurait fourni les éléments jaunes de l'Argovien. L'étude microscopique de ces éléments jaunes montre, en effet, qu'il est impossible de les séparer de l'Oxfordien du Schluchgraben. De plus cette dernière formation est identique à celle qui a été décrite par TOBLER et par W. STAUB au Ribiboden (Windgälle) et dont M. le professeur BUXTORF nous a montré un *Cardioceras cordatum*, conservé dans les collections de l'Institut géologique de l'Université de Bâle.

5. Argovien.

Nous n'avons pas eu la chance de voir dans notre région le conglomérat de base cité par KREBS, marquant la transgression argovienne. L'Argovien est toujours représenté par des calcaires schisteux à taches jaunes (Schiltschichten), qu'il est aisé de séparer du Jurassique supérieur.

Sur le versant nord du Mönch, au-dessus de la cabane du Guggi, à l'altitude de 3113 m, l'Argovien renferme des Ammonites très étirées appartenant probablement au groupe du *Perisphinctes Tiziani*. La roche qui contient les fossiles montre, sous le microscope, l'aspect suivant.

Coupe 1217. Calcaire à grain fin recristallisé de faciès inséparable de celui du Malm écrasé et recristallisé. Quelques zones cependant montrent une cristallisation plus large. Ce sont des plans de glissement qui sont, par places, affectés de microplissement; plis-failles, plis couchés dont le rayon des charnières peut atteindre 5 centièmes de mm. Grains de quartz rares d'un diamètre maximum de 0,06 mm. De la silice secondaire s'est concentrée en agrégats dans les zones plus largement cristallisées du calcaire. Pyrites fréquentes.

Mentionnons encore une coupe de l'Argovien de l'écaille II b, prélevée au niveau de la Kalte Brunnen.

Coupe 991. Calcaire à grain fin recristallisé renfermant des inclusions dolomitiques jaunes. Grains de quartz épars. Nombreux plagioclases authigènes. Les organismes sont représentés par des Globigérines à test mince et des fragments d'Echinodermes.

6. Jurassique supérieur (Malm).

(Séquanien, Kimeridgien, Portlandien.)

Il ne nous a pas été possible d'établir des subdivisions dans le Jurassique supérieur que nous désignerons toujours dans notre partie descriptive sous le nom de Malm.

Dans les endroits où le Malm n'a pas été marmorisé par pression, nous avons affaire à un calcaire à grain fin, noir à la cassure, d'une patine grise. Sous l'influence du dynamométamorphisme, il devient plaqueté et marmorisé. Cependant, on arrive presque toujours, avec quelque pratique, à le différencier des calcaires marmorisés de l'Infravalangienien (Öhrlikalk). Il suffit pour cela de chercher des zones moins écrasées, dans lesquelles on reconnaît sur une cassure fraîche la couleur noire du Malm, tandis que celle de l'Infravalangienien est grise.

Sur le sentier entre la Mettlenalp et la Biglenalp, nous avons trouvé dans la partie supérieure du Malm des brèches à éléments de Malm dans un ciment beaucoup plus clair, dolomitique. Dans le Malm qui recouvre les mylonites gneissiques du Rottal, on rencontre des bancs dolomitiques. Un niveau de conglomérats est observable sur le versant nord-ouest du Hörnli où il est remplissé plusieurs fois.

Ces faits semblent indiquer une diminution de la profondeur de la mer du Malm, à la fin du Jurassique. Les brèches mêmes pourraient être envisagées comme un faciès de régression. Nos observations ne sont pas suffisantes pour solutionner ce problème, nous nous contentons de le poser.

MÜLLER (94^{bis}), puis SCABELL (110) ont signalé l'existence d'une brèche dolomitique à éléments de Malm entre les calcaires du Malm et ceux de l'Infravalangienien (Öhrlikalk), le premier dans le Parautochtone des Engelhörner, le second dans le Parautochtone et l'Autochtone de la région du Mettenberg-Wetterhorn. Ce niveau a été baptisé du nom de «Graspassschicht» par P. ARBENZ et F. MÜLLER (94^{bis}, 114) et considéré par eux comme la limite supérieure du Jurassique.

L'épaisseur du Jurassique supérieur varie considérablement suivant l'ampleur des effets tectoniques. Dans les écailles autochtones de la base de la Jungfrau, elle va de 75 à 250 m.

Examinons maintenant sous le microscope un Malm peu modifié par le plissement et un second fortement laminé.

Coupe 1216. Malm autochtone prélevé au-dessus de la cabane du Rottal. Calcaire à grain fin recristallisé formé par des granules de calcite d'un diamètre moyen de 0,02 mm. La masse de la roche est traversée de zones étroites et parfois discontinues où la cristallisation est large. Grains de quartz rares et minuscules (diamètre maximum 0,03 mm). Pigmentation de pyrite et d'oxyde de fer.

Coupe 989. Malm autochtone. Galerie conduisant au plateau du Jungfraujoeh. En réalité et, eu égard à l'extrême écrasement de l'Autochtone en ce point, comme nous le verrons plus loin (p. 36), il se peut que cette roche soit argovienne.

Calcaire à grain fin recristallisé et fortement écrasé. Les grains de calcite tendent à une forme lenticulaire et sont inclinés de 10 à 20° sur les plans de stratification. Ces derniers sont marqués

par des alignements de pigments ferrugineux. Le quartz est rare, en grains subanguleux d'un diamètre maximum de 0,09 mm. Ces grains ont subi un déplacement dans la roche laissant derrière eux, en sillage, un vide qui a été rempli ensuite de calcite largement cristallisée. Tourmaline et pyrite présentes.

Crétacé.

Infravalanginien.

(Öhrlikalk.)

L'Infravalanginien forme le sommet de la série mésozoïque autochtone; non que ce soit le dernier terrain crétacé déposé en ces lieux, mais c'est à son niveau que s'est arrêtée la dénudation tertiaire.

Habituellement, il se présente comme un calcaire gris, d'aspect marmoréen. Sa cassure esquilleuse a un éclat satiné. Bien lité, il se débite en plaquettes souvent très minces.

Ce faciès uniforme se modifie rarement. L'Infravalanginien de la gorge de la Lütschine, près de Grindelwald, montre toutefois des concrétions siliceuses. Ce sont des concentrations globuleuses de silice secondaire, sans contours bien définis et pouvant dépasser la grosseur du poing. On peut les observer en suivant la galerie établie pour la visite de la gorge. Une autre variation de faciès affecte le sommet de la formation. Le calcaire s'imprègne là et se colore vivement d'oxydes de fer, de bolus et d'argilites vertes. Ces dépôts sidérolithiques sont certainement en relation avec une émergence dont nous discuterons l'âge plus loin.

L'examen microscopique de quelques échantillons va nous permettre de préciser le faciès de l'Infravalanginien.

Coupe 962. Infravalanginien sidérolithisé. Cabane inférieure de Guggi.

Calcaire marmorisé à structure fluidale. Dans un ciment de calcite grenue allongée et orientée par la pression naissent de gros éléments de calcite lenticulaires et parfois brisés. La roche est lardée de traînées limonitiques.

Coupe 953. Infravalanginien. Gorge de la Lütschine. Grindelwald.

Calcaire zoogène à grain fin peu marmorisé. Quartz clastique rare (grains de 0,03 mm au maximum). Quartz secondaire en agrégat dans une fissure. Un zircon réalisant la double pyramide à base carrée. Pigment limonitique.

Organismes: Sections de piquants d'Oursins et débris divers d'Echinodermes.

Coupe 952. Infravalanginien. Gorge de la Lütschine. Grindelwald.

Calcaire à grain fin imprégné de silice sous forme d'agrégats de grains de quartz minuscules. Ces groupements deviennent de plus en plus volumineux et l'on passe à la concrétion.

Coupe 996. Infravalanginien. Gorge de la Lütschine. Grindelwald.

Mosaïque de petites plages de calcite avec de place en place une beaucoup plus grande. Deux grains de zircon. Pigmentation limonitique.

Coupe 944. Infravalanginien. Sommet 2866 du Hörnli (Eiger).

Calcaire marmorisé formé d'une mosaïque de petits grains de calcite allongés et orientés par la pression; des plages plus grandes arrondies sont clairsemées dans ce milieu.

Quartz rare (diamètre maximum 0,03 mm). Un grain de zircon. Traces de Foraminifères.

L'Infravalanginien autochtone peut être défini un calcaire recristallisé à texture microgrenue. Les granules sont souvent aplatis et orientés par la pression tectonique. Fréquemment, des plages largement cristallisées sont isolées dans la masse. La silice détritique manque ou est très peu abondante. Les grains de quartz rares et minuscules ne dépassent pas 0,03 mm de diamètre. La silice secondaire est également d'importance restreinte. Toutefois, dans un cas elle a donné lieu à des

concrétions volumineuses. Les minéraux lourds sont limités à des grains de zircon clairsemés et à de la limonite, plus abondante, en pigment ou en traînées.

Jusqu'à présent, l'habitus est assez semblable à celui du Malm en coupe mince. La présence de microorganismes dans l'Infravalanginien pourrait être ici un caractère différentiel. Deux coupes sur les cinq qui ont été examinées en montrent. Ce sont des débris d'Echinodermes et des Foraminifères.

En ce qui concerne la macrofaune, l'Infravalanginien autochtone est pauvre. MÖSCH (58, p. 197, 212) a recueilli dans notre région des fossiles en trois localités. A l'extrémité du glacier inférieur de Grindelwald, sur la rive nord de la Lutschine, il signale:

Lithodendron;
Radioles de Cidaris;
Diceras Lucii;
Itieria.

A la Katzentiefe, au S.-E. de la Wengernalp, il a découvert:

des articles de tige d'*Apiocrinus*;
Cidaris coronata, GOLDF. Une radiole bien conservée;
Diceras Lucii, FAVRE;
des Nérinées indéterminables spécifiquement.

La troisième localité est désignée par «am N.-W.-Fuss des Eiger gegen die Wengernalp». MÖSCH y a trouvé la faunule que voici:

Anthophyllum, sp. ind.;
articles d'*Apiocrinus* ou de *Millericrinus*;
radiole de *Cidaris*;
Itieria et *Nerinea* indéterminables spécifiquement;
Serpula spiralis, MÜNST. in OOSTER et FISCHER.

Nous avons fréquemment rencontré des Coraux dans l'Infravalanginien, parfois des Bélemnites mal conservées. Mais la contribution la plus utile que nous croyons apporter à la paléontologie locale de l'Öhrlikalk est la trouvaille, au sommet coté 2866 du Hörnli de l'Eiger, de deux fragments suffisants de *Berriassella subrichteri*, RETOWSKI. Ce fossile fixe bien l'âge infravalanginien inférieur des calcaires dits de l'Öhrli dans notre région. D'ailleurs, *Heterodiceras Luci*, DEFR. caractérise aussi la base de l'Infravalanginien du Salève d'après E. JOUKOWSKI et J. FAVRE ¹⁾.

L'épaisseur de cette formation dans le massif de la Jungfrau varie avec l'ampleur des phénomènes tectoniques. Il faut admettre une moyenne de 160 m sur le versant N.-W. de l'Eiger et 100 à 125 m pour l'Infravalanginien des écaïlles du Schwarz Mönch.

Age des imprégnations sidérolithiques de l'Infravalanginien. La question de l'âge de ces formations se pose à nous comme elle s'est posée aux auteurs qui ont décrit les régions voisines. P. ARBENZ (76), H. ADRIAN (82^{bis}), H. STAUFFER (95), J. KREBS (107) et W. SCABELL (110), auxquels nous renvoyons le lecteur, ont discuté de la question. Y a-t-il eu deux émerSIONS, l'une infravalanginienne, l'autre tertiaire, ou faut-il admettre que toutes les formations sidérolithiques quelle que soit leur position stratigraphique sont dues à une seule émerSION tertiaire? En ce qui nous concerne, l'existence d'un sidérolithique infravalanginien ou valanginien inférieur ne fait pas de doute au Schwarz Mönch (nappe du Doldenhorn) comme nous le verrons plus loin (p. 21). Dans la même série, à peu de distance, le Sidérolithique tertiaire repose sur l'Hauterivien sans que l'on puisse voir d'infiltration directe entre les deux.

A priori, quand l'Infravalanginien imprégné ne se trouve surmonté ni de Valanginien ni de Nummulitique, il est impossible de discerner auquel des deux Sidérolithiques on a affaire. Le Valanginien manquant dans l'autochtone, nous n'avons aucun argument pour décider de l'âge infra-

¹⁾ E. Joukowski et J. Favre, Monographie géologique et paléontologique du Salève. *Mém. Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. Genève*, vol. 37 (4), 1913.

valanginien des imprégnations. Mais presque partout, sur le calcaire de l'Öhrli rubéfié, repose la brèche transgressive de Mürren, par quoi le Nummulitique débute. Ce fait constitue une très forte présomption pour que ce Sidérolithique soit tertiaire. C'est aussi ce que notre carte exprime. Les bandes sidérolithiques du Hörnli et de l'arête W. de l'Eiger, isolées dans l'Infravalanginien, doivent être tertiaires comme celles qui affleurent au pied des versants et appartiennent à la même série replissée. Là, en effet, les brèches priaboniennes de Mürren succèdent au Sidérolithique.

Tertiaire.

Le Tertiaire autochtone est surtout développé sur le versant N.-E. de l'Eiger et du Hörnli. C'est là que nous pourrions le mieux l'étudier bien qu'il ait été partout plissé ou écrasé. Dans beaucoup de cas même, il sera impossible de dire si les variations d'épaisseur, l'absence de certains faciès sont dus à des phénomènes tectoniques ou stratigraphiques.

Nous avons pu distinguer, dans la série tertiaire autochtone, les quatre subdivisions qui ont été notées sur notre carte; ce sont, de bas en haut:

- 1° Le Sidérolithique (Eocène inférieur).
- 2° La brèche de Mürren (transgression priabonienne).
- 3° Les calcaires charbonneux accompagnés parfois de schistes et de grès (Priabonien).
- 4° Le Flysch.

1. Le Sidérolithique.

Nous décrirons sous ce titre les dépôts généralement ferrugineux constitués pendant l'exondation de l'avant-pays alpin qui a duré du Crétacé supérieur à la transgression nummulitique. Dans l'autochtone, la dénudation a atteint l'Infravalanginien (Öhrlikalk), et c'est sur ce dernier que reposent, dans notre territoire, les formations sidérolithiques et que la mer priabonienne s'est avancée. Il est possible, comme nous le verrons à propos de la brèche de Mürren, que le Malm ait été mis à jour par cette érosion dans des régions voisines aujourd'hui complètement débarrassées de leur couverture mésozoïque.

Le Sidérolithique est loin d'être continu. Souvent les brèches de Mürren reposent directement sur le Mésozoïque. C'est que la transgression priabonienne a, dans ce cas, détruit les dépôts continentaux, les a dispersés et incorporés à la brèche nummulitique qui leur doit, en partie, ses éléments ferrugineux.

Le Sidérolithique est représenté par divers faciès dont les plus intéressants sont:

- a) l'infiltration ferrugineuse et les marbres de Grindelwald;
- b) les grès ferrugineux;
- c) les grès phosphatés.

a) *L'infiltration ferrugineuse et les marbres de Grindelwald.*

La phase continentale se traduit d'abord par une infiltration plus ou moins profonde d'oxydes de fer et d'argiles vertes. Cette infiltration, descendue par des diaclases, se poursuit sur les plans de stratification et gagne souvent toute la roche. La surface calcaire était fort irrégulière. L'Infravalanginien, profondément lapiazé, carrié, imprégné en tous sens, s'est transformé sur place en une pseudo-brèche et même en une véritable brèche dont le type est connu et a été décrit sous le nom de **marbres de Grindelwald**. L'examen au microscope d'un échantillon pris à l'ancienne carrière de la rive droite de la Lütchine montre:

Coupe 986. Une pseudo-brèche résultant du ravinement et de la dissolution profonde de l'Infravalanginien. Le résidu argilo-ferrugineux est bien visible et aux parties dissoutes s'est substitué un grès à ciment calcaire. Les grains de quartz clastiques sont anguleux et atteignent jusqu'à 2,5 mm de diamètre. Le zircon est fréquent et la tourmaline est présente.

Une autre coupe (1004) montre dans les calcaires des poches emplies d'oxydes de fer et de quartz clastique.

Nous avons retrouvé ce faciès des marbres de Grindelwald dans la coupure du Krutwaldbach, près d'Alpiglen (p. 56) et près du sommet 2866 du Hörnli (p. 55).

b) *Les grès ferrugineux.*

Ils sont peu épais quoique relativement fréquents. Il est probable que leurs éléments siliceux proviennent en partie de la dissolution des formations supérieures à l'Infravalanginien et de l'Hauterivien en particulier. Ce dernier est conservé d'ailleurs dans les écailles de la nappe de Morcles-Doldenhorn de provenance plus méridionale. De toute façon, leur faible épaisseur prouverait qu'à cette époque (Eocène inférieur), les massifs hercyniens dénudés étaient très distants de l'autochtone de Grindelwald.

Voici quelques détails micrographiques sur ces grès:

Coupe 985. Rive gauche de la Lütschine. Affleurement inférieur de Sidérolithique.

Grès à ciment ferrugineux et calcitique. Les quartz ont subi un nourrissage secondaire et présentent des contours flous. Limonite en grains.

Coupe 469. Sous la cabane inférieure de Guggi.

Grès à ciment formé de calcite et d'oxyde de fer. Texture cataclastique très nette. Les quartz pourvus d'extinction onduleuse sont devenus lenticulaires et montrent des cassures normales à leur étirement. Minéraux accessoires: zircon, tourmaline bleue et verdâtre, rutile maclé en genou.

Coupe 467. Cabane supérieure de Guggi.

Grès-quartzite à ciment calcédonieux. Dans le ciment se trouvent des traînées ferrugineuses, des pellicules de séricite, des grains de zircon et de tourmaline.

Coupe 466. Id.

Grès à ciment ferrugineux. Les grains de quartz anguleux ont subi un triage parfait et sont bien calibrés (0,3 mm au maximum). Quelques-uns ont subi un accroissement secondaire et sont moulés les uns sur les autres. Parfois extinction onduleuse.

Coupe 1002. Arête du Rottal de la Jungfrau. Place du déjeuner.

Quartzite-grès à ciment calcaire très peu abondant. Par place, la roche acquiert la texture d'un quartzite typique. Les contacts entre les grains de quartz sont dentelés. Extinction onduleuse fréquente.

Minéraux accessoires: tourmaline, zircon, séricite, limonite.

c) *Les grès phosphatés.*

Ce faciès représente un élément nouveau pour le Sidérolithique de la région. Ces grès sont visibles près d'Alpiglen, dans le ravin du Krutwaldbach (p. 56), puis à l'E. de la localité dans le lit du premier torrent que l'on rencontre dans cette même direction. Le gisement du Krutwaldbach a été vu et étudié déjà par SEEBER (79, p. 64) qui qualifie la roche de grès vert à pisolithes. La nature phosphatée des nodules et du ciment qui avait échappé à cet auteur a été décelée sous le microscope et par voie microchimique.

Voici les diagnoses de quelques coupes minces de ces grès:

Coupe 478. Krutwaldbach; p. 56, n° 3, du profil.

Grès à ciment phosphaté. Les grains de quartz sont en général anguleux; les plus gros, roulés, n'excèdent pas 0,66 mm de diamètre. Le phosphate de chaux se présente sous trois aspects:

1° Comme ciment. C'est alors une masse brune isotrope (collophanite).

2° a) En grains arrondis et homogènes de collophanite.

b) En grains de collophanite différenciés à la périphérie en une mince zone hyaline à structure concentrique (francolite, variété staffelite). Le centre de ces grains est souvent calcédonieux.

3° En nodules où le phosphate amorphe est d'un brun plus clair que le ciment; ces nodules renferment des restes d'Echinodermes, des grains de quartz et de phosphate.

La préparation montre encore une section oblique d'un Bryozoaire cyclostome silicifié et des fragments de Crinoïdes épigénisés par de la calcédonite.

Coupe 512. Id.

Grès à ciment phosphaté. Ce dernier est isotrope teinté en gris ou en jaune. Les grains de quartz généralement anguleux ne dépassent pas 0,4 mm de diamètre dans la préparation. Le phosphate se différencie en plusieurs points en nodules à structure concentrique sans nucléus; leur diamètre atteint 7 mm. Des enveloppes d'oxyde de fer ou de quartzine fibro-radiée peuvent s'intercaler entre les couches de phosphate. Le quartz détritique est moins abondant dans les nodules qu'en dehors de ceux-ci.

Coupe 47^a. Id.

Quartzite-grès à ciment calcaire et phosphaté. Diamètre maximum du quartz 0,65 mm. Grains de zircon.

Organismes: fragments d'Echinodermes épigénisés par la calcédoine; un Foraminifère multiloculé indéterminable.

Coupe 511. Torrent à l'E. d'Alpiglen.

Grès à ciment calcaire et phosphaté. Les grains de quartz de toutes dimensions et anguleux pour la plupart ne dépassent toutefois pas un diamètre de 0,51 mm. Quelques nodules ou plages phosphatés à contours irréguliers. Grains de pyrite et de limonite; zircon et tourmaline présents.

Coupe 510. Id.

Grès à ciment phosphaté. Le phosphate se présente également en nodules à structure concentrique étirés en lentilles. Le quartz ne dépasse pas un diamètre de 0,5 mm. Limonite en grains et en traînées ondulées. Zircon et tourmaline présents.

Ces grès phosphatés ne renfermant aucun fossile caractéristique, c'est leur position stratigraphique seule qui nous les fait considérer comme tertiaires. En effet, à l'E. d'Alpiglen, ils sont surmontés par la Brèche de Mürren et dans le Krutwaldbach, ils le sont par l'Infravalanginien sidérolithisé renversé. Les restes organiques qu'ils contiennent (Bryozoaires, Crinoïdes, Foraminifères) leur confèrent une origine marine. Ce sont des grès littoraux imprégnés de phosphates, peut-être même un ancien gisement de guano.

2. La Brèche de Mürren.

L'histoire de cette intéressante formation, sa nature et sa signification sont trop connues pour que nous y revenions longuement. Nous renvoyons aux travaux de STAUFFER (95, p. 8) et de KREBS (107, p. 16), en retenant surtout l'interprétation de ce dernier. La Brèche de Mürren provient du remaniement par la mer priabonienne transgressive de la surface altérée de l'Infravalanginien dans notre territoire et du Malm dans des régions voisines.

La description de quelques coupes minces de cette brèche nous dispensera d'allonger:

Coupe 518. Hubeln.

Conglomérat à éléments calcaires représentés surtout par de l'Öhrlikalk et du Malm. La roche a subi un écrasement considérable. Le ciment calcaire renferme des grains de quartz clastique de 0,65 mm de diamètre maximum. Certains manifestent une extinction onduleuse. Silice secondaire sous forme de calcédonite; oxydes de fer.

Organismes: débris de petites Nummulites.

Coupe 517. Id.

Conglomérat calcaire laminé; les éléments (Malm, Öhrlikalk) sont réduits à des traînées ou des lentilles ondulées. Le ciment calcaire renferme du quartz clastique (0,70 mm de diamètre maximum) et des nids d'oxyde de fer. Silice secondaire sous forme de quartz et de quartzine.

Coupe 515. Sentier d'Alpiglen à Bonern.

Conglomérat calcaire laminé. Les éléments d'Öhrlikalk sont beaucoup plus déformés que des galets jaunes ferrugineux qui ont fait preuve d'une remarquable résistance à l'écrasement. Quartz épars en petits grains (0,22 mm de diamètre maximum) allongés parallèlement à la schistosité.

Coupe 514. Id.

Conglomérat calcaire laminé. Les éléments sont réduits à des traînées minces et ondulées. Des plages de calcite jaunâtre arrondies ont résisté davantage et sont contournées par les éléments étirés.

Quartz épars en petits grains allongés parallèlement à la schistosité (0,13 mm de diamètre maximum).

La Brèche de Mürren est très étendue à la base N.-W. de l'Eiger et du Hörnli où elle est remplissée en cascade avec l'Infravalanginien. Son épaisseur atteint là un maximum de 80 m environ, mais, par laminage, elle est souvent réduite à quelques mètres (4 m sous les écailles parautochtones du Schüssellauenen).

Si nos prédécesseurs n'ont pas donné au Nummulitique de cette région une extension suffisante, c'est que la Brèche de Mürren, surtout lorsqu'elle est écrasée, peut être facilement confondue avec l'Infravalanginien (Öhrlikalk) ou le Malm. Il faut avoir suivi la mylonitisation progressive de ce dépôt pour le déceler avec quelque sûreté. Mais sous le microscope le diagnostic est plus sûr.

Nous avons trouvé dans le ciment des Brèches de Mürren des petites Nummulites trop rares et trop mal conservées pour être déterminables. L'âge des brèches est donc encore incertain. Toujours inférieures aux calcaires charbonneux, elles peuvent être ludiennes comme eux, quoique légèrement antérieures ou bien lutétiennes, mais il manque pour cette dernière attribution la faune des grandes Nummulites et des Assilines. C'est pour cette raison que nous les placerons jusqu'à nouvel avis dans les formations ludiennes, en rappelant que, récemment, l'étage auversien a été quasiment supprimé de la stratigraphie du Bassin de Paris et des Alpes françaises¹⁾.

3. Les calcaires charbonneux.

Les calcaires charbonneux surmontent immédiatement la Brèche de Mürren. En réalité, nous avons groupé plusieurs faciès sous cette dénomination. Les calcaires charbonneux proprement dits sont associés à des marnes schisteuses noires comme au Rotstock ou à des calcaires dolomitiques à patine jaune (sentier d'Alpiglen à Bonern) ou encore à des grès quartzeux.

Les calcaires charbonneux proprement dits ne semblent pas dépasser une épaisseur de 50 m sur le versant N.-W. de l'Eiger (Hörnli, Krutwaldbach), où ils sont le mieux développés. Ce sont des calcaires blancs, porcelanés, traversés de pellicules charbonneuses et argileuses. Voici quelques particularités de ces roches examinées sous le microscope:

Coupe 966. Station Eigergletscher.

Calcaire marmorisé avec charbon en pigment ou en pellicules minces atteignant 0,25 mm d'épaisseur dans la coupe étudiée. Quartz élastique clairsemé (0,05 mm de diamètre maximum). Du quartz secondaire est associé au charbon.

Coupe 948. Calcaire à patine jaune. Schüssellauenen (p. 54, n° 12).

Calcaire à grain fin traversé par un réseau orthogonal de fissures. Traînées stylolithiques charbonneuses. Grains de zircon.

Coupe 516. Même faciès. Sentier d'Alpiglen à Bonern.

Roche identique à la précédente, mais broyée et recristallisée. Nombreuses intercalations charbonneuses.

L'âge priabonien inférieur (Ludien) de ces calcaires semble bien fixé par la découverte, due à J. BOUSSAC, de *Nummulites Fabianii*, PREVER, dans des formations similaires de Rosenlauri (80, p. 316). Ce sont les homologues des couches à Cérithes.

¹⁾ M. Gignoux, Géologie stratigraphique. Paris, Masson, 1926, p. 427 et 462.

4. Le Flysch.

Le Flysch argileux et gréseux, épais et très replissé recouvre les couches carbonneuses ludiennes. Le cours inférieur des ravins abrupt qui descendent du Hörnli entre Trichelegg et Brandegg est entaillé dans cette formation. Le sentier qui va d'Alpiglen à Bonern traverse les deux témoins de Flysch qui figurent sur notre carte. Plus à l'W., le Flysch monte directement de Trichelegg. Dans le plus oriental des trois ravins qui convergent au N. du A. de Wärgistal-Alp, le sentier passe au voisinage d'un affleurement de grès verdâtres inclus dans les schistes noirs du Flysch. Les mauvaises conditions du gisement ne permettent pas de se rendre compte de l'épaisseur et de la continuité de cette formation. Nous pouvons toutefois la comparer au grès de Taveyannaz.

Nous admettons un âge priabonien pour le Flysch de l'Eiger, car M. LUGEON¹⁾, puis L. MORET²⁾, par la découverte d'Orthophragmines et de Nummulites caractéristiques, ont daté du Priabonien le grès de Taveyannaz qui fait partie de la série du Flysch.

Conclusions.

Le Nummulitique marin autochtone de la Chaîne de la Jungfrau appartient en entier à l'Eocène et notamment au Priabonien. Il est caractérisé par la grande épaisseur et l'extension des Brèches de Mürren et la rareté des niveaux schisteux au-dessous du Flysch. Les couches à Cérithes de notre région sont surtout représentées par les calcaires carbonneux massifs. Dans le Sefinental et à Mürren, comme l'ont montré J. KREBS (107) et H. STAUFFER (95), la Brèche de Mürren est peu épaisse et les couches carbonneuses sont essentiellement schisteuses. Il faut admettre qu'au Priabonien les dépôts étaient plus côtiers dans l'Autochtone de l'Eiger-Jungfrau et que la profondeur de la mer augmentait dans la direction du S.-W. (Mürren, Sefinental). Le Nummulitique d'Eigergletscher semble être un terme de passage entre les deux régimes.

B. La Nappe de Morcles-Doldenhorn.

Les roches de la Nappe de Morcles-Doldenhorn, formant la partie supérieure du Schwarz Mönch, sont si intensément plissées qu'il est difficile d'y faire des coupes stratigraphiques détaillées. Nous l'avons pourtant essayé à plusieurs reprises dans le Néocomien et le Tertiaire pour voir si nous retrouvions les éléments principaux des séries stratigraphiques publiées par KREBS (107).

Il est possible que l'on arrive à une connaissance plus complète du Néocomien et du Tertiaire de cette région en étudiant plus spécialement le versant N.-E. qui domine le Trümletental. Après avoir poussé une reconnaissance sur ce versant, nous avons renoncé à y faire une étude détaillée qui nécessiterait un bon campement, difficile et coûteux à établir.

L'examen stratigraphique auquel nous nous sommes livrés nous a permis de reconnaître dans le Schwarz Mönch l'équivalent d'une digitation supérieure de la Nappe de Morcles-Doldenhorn et nous en avons donné les contours dans notre carte. Il nous reste à indiquer ici pour quelles raisons stratigraphiques nous rattachons la partie supérieure de la montagne à cette nappe. Nous y avons reconnu les terrains suivants:

Trias.

Nous n'avons trouvé du Trias de la nappe que sous forme de calcaires dolomitiques dans un seul affleurement, très limité, un peu au-dessus du Gämschiboden (fig. 5) où il marque le début d'une série normale, reposant mécaniquement sur l'écaille supérieure d'Autochtone (voir description p. 30).

¹⁾ M. Lugeon, Sur l'âge du grès de Taveyannaz. *Actes Soc. helv. des Sc. nat. Zermatt*, 1923, II^e part., p. 136.

²⁾ L. Moret, Sur la découverte d'Orthophragmines dans les «grès de Taveyannaz» du massif de Platé (Haute-Savoie) et sur ses conséquences. *C. R. Ac. des Sc.*, Paris, 14 janvier 1924.

Jurassique.

Lias et Dogger.

Le Lias et le Dogger parautochtones ne sont pas représentés dans le territoire étudié. Ils sont pourtant bien développés dans la Nappe de Morcles-Doldenhorn, sur le bord gauche du Tschingelfirn, à la base du Gspaltenhorn et à la Gämshilücke.

A ce propos, nous compléterons, sur un détail, ce que J. KREBS nous a appris de la géologie de ce versant. En suivant, dans les parages du Tschingeltritt, le plan de la Nappe de Morcles, l'un de nous (ED. PARÉJAS) a eu l'attention attirée par une digitation inférieure à celle que J. KREBS a désignée par A2 sur son profil 10 (107, pl. I). Cette tête anticlinale qui représente probablement le repli A1 de l'auteur précité, se voit à 2820 m d'altitude environ, sur le versant S. du Tschingelgrat. Le flanc normal montre la série suivante, de bas en haut:

1° Grès quartzeux orangé à grain fin, liasique ou infraliasique, formant le cœur du pli. L'âge exact de ce niveau est peu aisé à établir en raison de l'isolement de l'affleurement puis de son faciès qui prête à une certaine ambiguïté.

2° Calcaires échinodermiques plus ou moins lités, parfois très grossiers et chargés de quartz clastique. Des bancs de brèche à éléments dolomitiques s'y intercalent. Bajocien probable.

Épaisseur 15 m environ.

3° Brèche à ossements dont le ciment échinodermique est riche en quartz. Le diamètre des grains de silice peut atteindre 4 mm. Bajocien. 0 à 0,30 m.

4° Calcaire échinodermique à patine jaune au sommet. Bajocien. 2,40 m.

5° Oolithe ferrugineuse contenant des Bélemnites. Bathonien-Callovien. 0,50 m.

6° Calcaires tachetés de jaune (Schiltkalk) passant à des calcaires schisteux épais (Schilt-schiefer). Argovien.

M. le Dr Pierre Revilliod, Directeur du Muséum d'histoire naturelle de Genève, a bien voulu examiner nos échantillons de brèche osseuse du niveau 3. Celle-ci est constituée par des restes de reptiles. Ces fragments sont trop incomplets pour permettre une détermination plus précise. On peut reconnaître toutefois une dent, des débris de côtes et des os longs. L'un de ces derniers pourrait être attribué, d'après M. Revilliod, à un humérus. Le plus grand fragment de diaphyse mesure 13 cm de longueur et 5 cm de diamètre.

Pour l'heure, la paléontologie ne peut guère tirer profit de cette trouvaille; il nous a paru néanmoins utile de signaler pour la première fois, croyons-nous, la présence de restes de reptiles dans le Dogger des Alpes suisses.

Malm.

Ce terrain est semblable à celui de l'Autochtone, c'est-à-dire très fortement dynamométamorphisé, mais pourtant reconnaissable.

Crétacé.

1. Infravalanginien.

L'Infravalanginien de la nappe est du même type que celui de l'Autochtone.

2. Valanginien-Hauterivien.

Ces terrains manquent totalement dans l'Autochtone. Si nous ne les séparons pas ici, c'est que nous ne disposons pas d'une coupe complète. Comme point de comparaison, nous prendrons la série stratigraphique de la nappe, publiée par KREBS (107).

Nous avons affaire au Schwarz Mönch, d'une manière générale, aux complexes suivants reposant sur l'Infravalanginien, de bas en haut:

1° *Des formations sidérolithiques*, grès et argiles rouges remplacés par endroits par des schistes argileux noirs, charbonneux.

2° *Un complexe de grès siliceux*, qui forme la partie externe des charnières synclinales que l'on rencontre en montant du Gämschiboden au Col du Schwarz Mönch. Il débute par des conglomérats à petits galets calcaires et peut atteindre 25 m.

Voici quelques descriptions de coupes minces de roches appartenant à ce complexe. D'abord le conglomérat qui en forme la base donne la diagnose suivante:

Coupe 475. Poudingue laminé à éléments calcaires. Les galets, très étirés, et recristallisés sont formés de calcite finement grenue. Des grains de quartz clastique, clairsemés, les accompagnent. Les plus gros atteignent presque 1 mm de diamètre. Le ciment est calcaire avec des accidents siliceux: îlots de calcédonite, agrégats de quartzine en rosettes ou en faisceaux ondulés.

Les grès qui surmontent immédiatement le conglomérat sont des grès-quartzites dans le sens que leur donne L. CAYEUX ¹⁾.

Coupe 474. Grès-quartzite à ciment calcaire, laminé. Les grains de quartz sont anguleux en général. Quelques-uns ont subi un accroissement secondaire. Leur diamètre maximum est 0,68 mm, mais la plupart restent en dessous du calibre de 0,5 mm. Ciment formé de calcite recristallisée en fibres orientées par la pression tectonique. Minéraux accessoires abondants: muscovite, zircon, tourmaline, anatase, limonite en granules et en pigment.

Coupe 523. Grès-quartzite à ciment calcaire. Le grain est plus fin que celui de l'exemplaire précédent. Diamètre maximum des grains de quartz: 0,27 mm; moyenne 0,1 mm. Oxyde de fer abondant en traînées, en pigment ou en liseré autour des éléments siliceux. Zircon, tourmaline, rutile, oligiste.

La roche qui forme la surface ronde de la charnière inférieure donne l'analyse suivante.

Coupe 476. Quartzite-grès. Les éléments de quartz, très dentelés, ont presque tous subi un accroissement secondaire. Le ciment est mixte, siliceux et calcaire. La silice de la gangue est une mosaïque de granules de quartz et de fibres quartzieuses qui semblent être le résultat d'un laminage tectonique. La calcite a elle-même recristallisé en fibres, allongées dans le même sens que les fibres de quartz mylonitique.

3° *Un complexe de grès et de calcaires marmorisés*, avec des schistes noirs à la base et des schistes marno-gréseux au sommet.

Les schistes marno-gréseux supérieurs du complexe 3 montrent sous le microscope l'aspect suivant.

Coupe 519. Schiste marno-gréseux écrasé. Les grains de quartz, en général allongés et orientés suivant la schistosité. Longueur maximum des grains: 0,2 mm. Pyrite très fréquente. Traînées argilo-ferrugineuses noires abondantes. Muscovite, plagioclases secondaires associés généralement aux pyrites. Ciment de calcite recristallisée en fibres parallèles à la schistosité.

4° *Les calcaires hauteriviens*, gréseux, si caractéristiques de la Nappe de Morcles-Doldenhorn (équivalent du Tschingelkalk *auct.* et du Bänderkalk de KREBS). Nous avons rencontré ces calcaires gréseux sous le Col du Schwarz Mönch, au-dessus du Wildwang, et sur le versant N.-E. où ils forment une grande paroi au sommet de laquelle on voit le Sidérolithique éocène pénétrer dans les calcaires rubanés (Bänderkalk).

Nous pensons que les complexes 1—3 représentent le Valanginien des digitations supérieures de la nappe. Cette classification est uniquement basée sur une comparaison lithologique, entre nos complexes et ceux décrits par KREBS. De plus, signalons que nous n'avons pas pu saisir le contact stratigraphique entre nos complexes 3 et 4.

En terminant, qu'il nous soit permis de confirmer ce que KREBS dit d'une phase sidérolithique à la base du Valanginien.

En résumé, les formations que l'on rencontre au Schwarz Mönch, entre l'Infravalanginien (Öhrlikalk) et le Tertiaire, sont caractéristiques de la Nappe Morcles-Doldenhorn et plus spécialement de ses digitations supérieures.

¹⁾ L. Cayeux, Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. *Mém. Carte géol. France.* Paris 1929.

L. AGASSIZ ¹⁾ a décrit sous le nom d'*Echinolampas Studeri*, Ag, et attribué au Crétacé un Oursin qui proviendrait, d'après l'étiquette, du Rotes Brett, Jungfrau. Le Musée de Berne a bien voulu nous communiquer cet exemplaire unique. Avec l'échantillon figuré se trouve, sous le même numéro Wa 69, des collections de Berne, une gangue et un fragment de test d'un autre Oursin étranger au type d'AGASSIZ. Ce test n'est pas superposable à la partie dépourvue de coquille de l'*Echinolampas*. On ne peut donc rien tirer de cette gangue qui puisse intéresser la stratigraphie du Schwarz Mönch ni même fixer un peu exactement la provenance de l'exemplaire d'AGASSIZ. Car il faut avouer que la région désignée actuellement par Rotbrett est très étendue.

Tertiaire.

Les formations tertiaires sont limitées au fond du synclinal digité que l'on rencontre sous le sommet du Schwarz Mönch. Ici encore c'est sur le versant N.-E. qu'on peut le mieux se rendre compte des divers termes de cette formation. Nous y avons reconnu la succession suivante: de haut en bas:

3° Schistes foncés argilo-gréseux et micacés? *Flysch*.

2° Calcaires nummulitiques, charbonneux par places.

Sous le microscope (coupe 494), le calcaire se montre fortement recristallisé. Le grain est petit, mais des îlots de grandes plages sont disséminés. La roche est traversée de traînées charbonneuses. Le quartz est peu abondant, en grains épars d'un diamètre maximum de 0,12 mm.

Ces dépôts rappellent les calcaires charbonneux priaboniens de l'Autochtone.

1° Grès sidérolithiques et quartzites reposant sur les calcaires hauteriviens (Tschingelkalk).

¹⁾ L. Agassiz, Description des Echinodermes suisses. *Nouv. Mém. Soc. helv. des Sc. nat.* III, pl. 9, fig. 4—6, 1839.

III. Description géologique.

1. La Jungfrau.

Le Rottal.

La visite du Rottal est la plus belle excursion géologique que l'on puisse faire dans la Chaîne de la Jungfrau, du Mönch et de l'Eiger. En effet, la gigantesque coupe naturelle qu'on y voit permet l'étude de la géologie de la Jungfrau de Stechelberg, au fond de la vallée de Lauterbrunnen (922 m), au sommet de la montagne (4166 m), soit sur une différence de niveau de 3244 m. C'est l'abrupt le plus considérable des Alpes.

Notre carte géologique et le profil 5 Pl. X montrent que nous avons affaire à deux éléments tectoniques: l'Autochtone et la Nappe Morcles-Doldenhorn.

L'Autochtone est représenté par le massif cristallin de Gastern et sa couverture sédimentaire. La Nappe Morcles-Doldenhorn qui recouvre cette dernière est formée d'un noyau cristallin et d'une enveloppe sédimentaire.

La haute vallée de Lauterbrunnen est une fenêtre presque complète d'Autochtone sur la bordure de laquelle les sommets de la Jungfrau, du Rottalhorn, du Gletscherhorn, de l'Ebnefluh, du Mittaghorn, du Grosshorn, du Breithorn, du Tschingelhorn, du Mutt-horn et le Tschingelgrat appartiennent à la Nappe Morcles-Doldenhorn.

Le cristallin de Gastern, qui à la Wetterlücke atteint 3100 m environ, disparaît sous sa couverture sédimentaire à Stechelberg. Sous le Rottalsattel, le cristallin de Gastern se trouve à l'altitude d'environ 3300 m.

Le chemin qui conduit à la Cabane du Rottal, après de nombreux zigzags dans les éboulis, atteint le Trias autochtone dont il suit le contact avec le cristallin jusqu'au-dessus de la Stufensteinalp, dans la base du couloir de la Silberlauri. Si, par places, le Trias paraît avoir une épaisseur considérable, c'est qu'il forme une série d'anticlinaux passant quelquefois à de petits chevauchements. Rapprochés, comme nous le sommes, de la base des parois, il est difficile de réaliser la valeur de ces accidents tectoniques, comme il est possible de le faire, à distance, depuis le sentier d'Ober Steinberg, sur le flanc gauche de la vallée. Comme le montre très nettement l'anticlinal au pied duquel nous passons (pl. III, fig. 1), avant d'atteindre la moraine latérale droite de la langue terminale du glacier du Rottal, ces plis sont dus à un décollement de l'Autochtone sédimentaire sur les argiles immédiatement superposées aux quartzites de la base du Trias. Le plissement est nettement marqué dans le Jurassique où l'on voit encore une entrée de galerie pénétrant dans les oolithes ferrugineuses du Callovien.

Dans la paroi de base du Silberlauritobel apparaît un train de lentilles de calcaire dolomitique du Trias, reconnaissable de loin à sa patine jaune. Ce Trias reposant mécaniquement sur le Jurassique supérieur normal de la couverture sédimentaire du cristallin de Gastern, jalonne le plan de chevauchement d'une écaille de sédimentaire autochtone (II b profil 5, pl. X) due à la formation d'un coin cristallin, bien visible sur la rive gauche de la langue terminale du glacier du Rottal. Si l'on suit le train de lentilles de calcaire dolomitique dans la paroi qui nous domine au N., et où une piste assez vertigineuse conduit les chèvres aux pentes d'herbe raides du Schwarz Mönch, on voit que le plan de chevauchement, le Trias cessant, est marqué par le Bajocien et le Bathonien, puis enfin par le Malm. Ainsi, à l'angle W. de la paroi, le Malm de l'écaille repose sur le Malm normal de la couverture du cristallin de Gastern. Quand nous monterons au Schwarz Mönch par le Katzenweg, c'est-à-dire par la paroi qui domine Stechelberg, nous remarquerons que la série normale de base se termine là par des calcaires infravalanginiens.

Après la montée de la moraine on arrive à la Kalte Brunnen¹⁾, petite source qui sort sous l'Argovien de l'écaille II *b* dont il vient d'être question. Nous avons noté là la coupe suivante:

- 1° Partie supérieure de la série formée par des alternances de bancs de calcaire dolomitique et de schistes noirs argileux. Se termine par un banc de calcaire dolomitique de 0,20 m.
- 2° Grès quartzeux en un seul banc de 1,10 m, montrant à la partie supérieure une stratification entrecroisée. Au-dessus, petit lit de grès schisteux, 2 à 3 cm, puis banc de grès de 0,20 m.
- 3° Schistes argileux noirs, 0,30 m.
- 4° Calcaire dolomitique à patine jaune montrant à la partie supérieure de nombreuses perforations dues à des mollusques lithophages; 0,40 m. Les niveaux 1 à 4 doivent représenter le sommet du Trias. La transgression bajocienne débute avec l'horizon suivant.

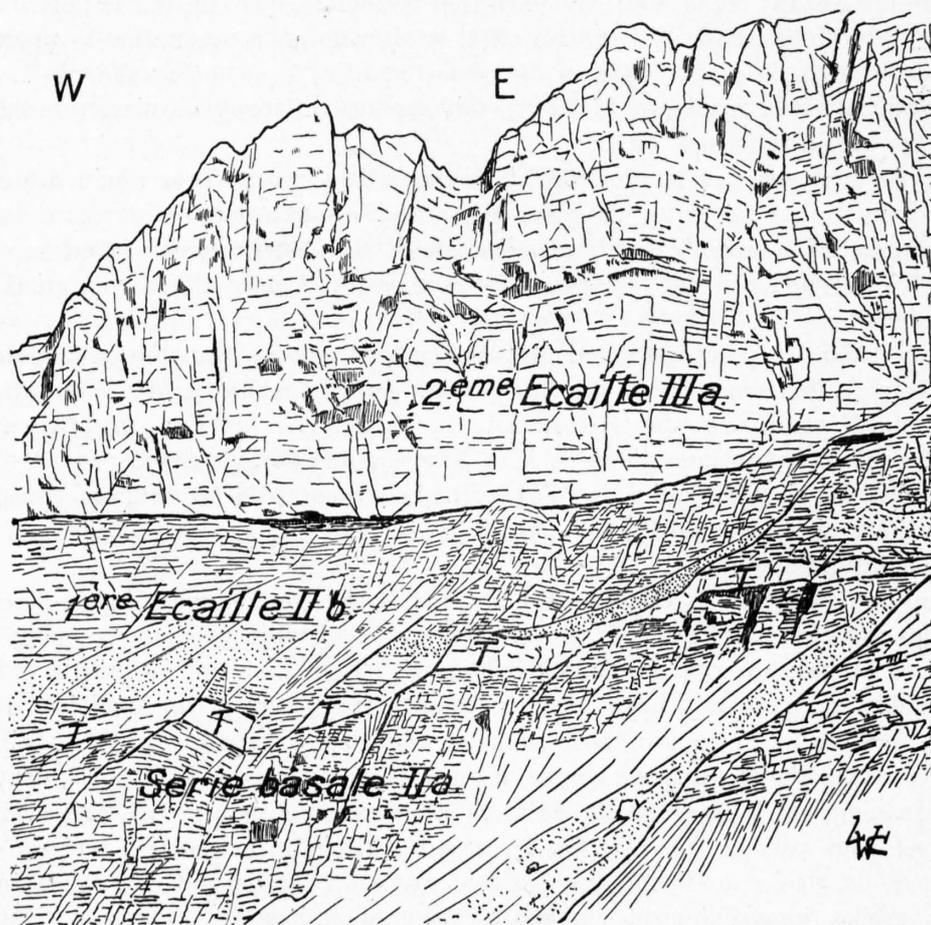


Fig. 2. Ecailles de la base du Schwarz Mönch.
Vue prise de la Kalte Brunnen, à la base de la Bärenfluh.

T: Trias de l'Ecaille II *b*.

- 5° Grès schisteux foncé à pellicules argileuses noires avec de petits galets de quartz blanc alternant avec des bancs de calcaire échinodermique bleu contenant les mêmes galets de quartz. Le calcaire devient plus spathique vers le haut. Bajocien. 6,50 m. Cette assise se termine par:
- 6° Un banc de calcaire cristallin à patine capucin et à galets de quartz blanc.
- 7° Couche à Bélemnites. 0,15 m.
- 8° Oolithe ferrugineuse. Callovien en partie.

De la Kalte Brunnen (fig. 2), l'écaille II *b* forme la paroi de la Bärenfluh que traverse le sentier. L'Argovien contient quelques lentilles de Trias, sous forme de calcaire dolomitique, qui indique

¹⁾ Ce nom ne se trouve pas sur notre carte, mais la source est située au-dessus du gisement de fossiles indiqué sur notre carte, au sommet de la moraine.

un chevauchement secondaire et explique son épaisseur. Ces lentilles de Trias s'enracinent dans le deuxième Trias qui se voit sur la rive gauche de la langue terminale du glacier du Rottal. Ces deux Trias de la rive gauche avaient été observés par BALTZER mais n'avaient pas été vus sous la Bärenfluh¹⁾, ce qui explique que cet auteur ait figuré une seule série normale, du cristallin de Gastern au sommet de la Bärenfluh, alors qu'il y en a deux en réalité dont la seconde est compliquée d'un chevauchement secondaire.

Au sommet de la Bärenfluh, l'écaille II b se termine par des calcaires de l'Infravalanginien, tandis que dans la paroi N. de la base du Silberlautobel, nous trouvons une écaille de quartzites du Tertiaire qui repose sur le Malm. Cette écaille jalonne un superbe plan de chevauchement accentué par l'érosion (pl. III, fig. 2). C'est l'indication de la présence d'une deuxième écaille de sédimentaire autochtone qui, au-dessus de la Bärenfluh, repose sur l'Infravalanginien de l'écaille II b. Cette nouvelle écaille, III a, peut être formée en certains points, comme nous l'avons montré sur notre carte et sur le profil 5 de la planche X, uniquement par du Malm, en d'autres points on trouve sur ce terrain de l'Infravalanginien supportant du Sidérolithique et des Brèches de Mürren (Priabonien inférieur). En deux points, nous avons marqué sur notre carte du Sidérolithique directement en contact avec le Malm. Il est possible que de l'Infravalanginien se trouve sous le Sidérolithique, mais il est impossible de séparer ce calcaire du Malm quand ces deux formations sont transformées en *mylonites calcaires*, comme c'est le cas pour l'écaille III a, entre le Silberlautobel et la base de l'arête calcaire qui domine la Cabane du Rottal.

De la Bärenfluh, le sentier suit la crête de la moraine latérale droite du glacier du Rottal et au moment même où la fatigue se fait sentir, un panorama géologique d'une inoubliable grandeur s'ouvre devant nous: le cirque du Rottal, dont le fond est formé d'une paroi d'un millier de mètres de cristallin d'une couleur rouge-sang. Un ruban de roches sédimentaires d'un gris sombre la coupe longitudinalement, séparant le cristallin de Gastern du granite qui forme les sommets de la Jungfrau, du Rottalhorn, du Gespensterhorn et du Gletscherhorn.

Ce ruban de roches sédimentaires qui sépare les deux éléments tectoniques, nous le voyons se développer jusqu'au Breithorn. Il passe sous cette montagne et réapparaît dans la paroi N. et W. du cirque du Jägifirn ainsi que dans l'Inner Faflertal.

Sous le Rottalsattel, ce ruban de sédimentaire s'ouvre subitement en deux parties, l'inférieure que des coins de cristallin du massif de Gastern divisent en plusieurs écailles et la supérieure qui n'est autre que le flanc renversé de la Nappe Morcles-Doldenhorn. Entre ces deux parties **pénètre en involution** une digitation supérieure de sédimentaire de la nappe. Ainsi s'explique la formidable épaisseur du sédimentaire sous le Silberhorn. Elle dépasse là, en effet, 2500 m.

Cette orientation générale donnée, poursuivons l'examen de la paroi qui, du sommet de la moraine latérale droite du glacier se poursuit dans la direction de la Cabane du Rottal. Voici que réapparaît du cristallin de Gastern formant un énorme coin avec tête plongeante (fig. 3). Il s'élève vers le N.-E., porte la cabane du C. A. S. et forme la base des parois du cirque du Rottal, après s'être doublé, sur une courte distance, sous le Rottalsattel.

Ce coin cristallin que nous désignerons désormais sous le nom de **Coin de la Cabane du Rottal** est un anticlinal avec flanc renversé digité de Trias, de Dogger et d'Argovien. Ce dernier terrain

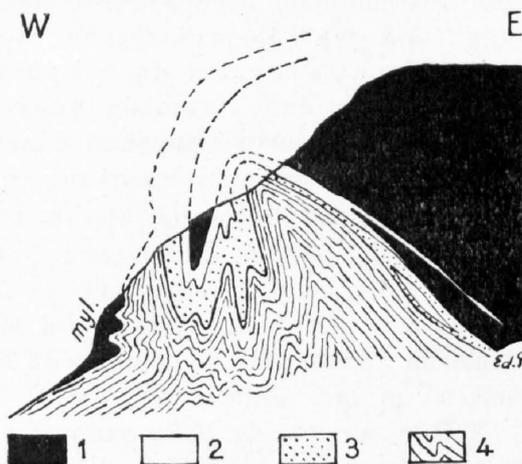


Fig. 3. Extrémité du coin cristallin de la Cabane du Rottal.

1: Cristallin de Gastern. 2: Trias. 3: Dogger.
4: Argovien. myl.: mylonites gneissiques.

¹⁾ La deuxième Trias de la rive droite figure sur le Profil de la Jungfrau publié par Albert Heim (Geologie der Schweiz, Pl. XX, profil 8) à la suite d'une indication fournie par L. W. Collet en 1918.

forme même synclinal coupé en biseau par le plan de chevauchement de l'écaïlle III *a*, que nous avons suivi au-dessus de la Bärenfluh. Si dans sa partie frontale, le coin de cristallin possède un flanc renversé indiscutable, près du sentier on voit que des décollements se sont produits dans le flanc renversé avec formation de remous, comme le montre la fig. 4, pl. III. Sous la voûte du cristallin de superbes stries indiquent le sens du mouvement.

Sur une petite arête, à l'W. de la tête du coin cristallin, se détachent des **mylonites gneissiques**, à patine sombre, sur les calcaires gris argoviens du synclinal supportant le coin cristallin (pl. III, fig. 3). **Ces mylonites**, comme on peut s'en rendre compte par une petite grimpée, **jalonent le plan de chevauchement de l'écaïlle III a**. Il est aisé de les suivre vers le N.-E. où elles forment un mur de couleur brunâtre entre le sédimentaire normal de la couverture du coin cristallin et le sédimentaire de l'écaïlle III *a*. Ces choses sont nettement visibles de la Cabane du Rottal et encore mieux du sommet de la Roteflüh, d'où la vue sur la paroi N. du cirque du Rottal est splendide (pl. VII, fig. 4 et Pl. II).

De la Cabane du Rottal montons à la Jungfrau¹⁾. Une grimpée dans des rochers faciles nous conduit au contact entre le cristallin de Gastern et sa couverture sédimentaire. Ici pas de Trias, mais les calcaires échinodermiques du Bajocien directement en contact stratigraphique avec le cristallin: La surface de dénudation permienne est ici très caractéristique. La transgression bajocienne sur le cristallin est d'autant plus claire que la base des calcaires échinodermiques renferme une proportion tout à fait inusitée de grains de quartz. Leur diamètre et leur nombre diminuent dans la partie supérieure de la formation. Par places, nous trouvons de petits lambeaux d'oolithes ferrugineuses qui reposent sur les calcaires de l'Argovien, avant que nous touchions au **mur de mylonites gneissiques**²⁾. Si l'on suit vers le N.-E. la vire qui s'étend à la base de cette formation, on trouve de petites lentilles de calcaire dolomitique du Trias pincées sur le plan de chevauchement. Nous avons dû les exagérer sur notre carte pour les y rendre visibles. Ce calcaire dolomitique appartient sans aucun doute aux mylonites gneissiques qui doivent s'enraciner au S. dans un coin de cristallin, comme nous le verrons plus tard en étudiant la géologie de l'Inner Fafertal. A la jumelle, on distingue une lentille de ces mylonites dans le ruban de sédimentaire, sous le Rottalsattel. Nous les retrouverons dans la même position au Jungfraujoeh dans le ruban de sédimentaire qui supporte le granite du sommet du Mönch, sur le versant du glacier de Guggi, ainsi qu'à l'Obermönchjoeh. Si d'ici nous pouvions suivre le plan de chevauchement de l'écaïlle III *a* dans la paroi du Schwarz Mönch, nous retrouverions une belle lentille de ces mylonites dans le ravin au N. du Mattenbach. Nous reparlerons de ce dernier affleurement lors de notre montée au Schwarz Mönch. Ces mylonites gneissiques appartiennent donc à un élément tectonique important sur lequel nous reviendrons dans un chapitre spécial (p. 60.).

Les **mylonites gneissiques** supportent l'écaïlle III *a* dont nous avons déjà parlé. Formée ici de calcaires intensément dynamométamorphisés, il faut renoncer à séparer le Malm du Crétacé inférieur. Le sommet de cette écaïlle est formé par du Sidérolithique qui affleure sur l'arête que l'on suit pour monter au sommet, où il supporte une nouvelle et dernière écaïlle de sédimentaire autochtone, l'écaïlle III *b* de notre profil 5 de la planche X. Cette écaïlle, qui, au Schwarz Mönch, comprend une série normale par places de Malm, Infravalanginien, Sidérolithique, n'est représentée ici (3025 m) que par du Malm couronné par une lentille de grès quartzeux que nous attribuons, par comparaison avec d'autres parties de notre région, au Priabonien. Sur cette lentille nummulitique (3220 m) passe un plan de chevauchement qui se poursuit dans le Schwarz Mönch. Là,

¹⁾ Pour une excursion géologique de Stechelberg au Jungfraujoeh, par le sommet de la Jungfrau, nous recommandons de consacrer une journée entière à la montée à la cabane et à l'étude de la géologie, très belle, entre la cabane et la place du déjeuner. On pourra ainsi quitter la cabane de nuit le lendemain et reprendre la coupe au jour à la place du déjeuner où l'on a interrompu le travail la veille. On peut faire une très belle excursion en un jour de Stechelberg à la Cabane du Rottal et retour, à condition de partir au petit jour pour éviter la chaleur dans les parties basses.

²⁾ La lecture de la *Naturhistorische Alpenreise* de Fr. Jos. Hugi (3), publiée en 1830, nous a montré que le *mur de mylonites du Rottal* avait été découvert quatre-vingt-dix ans avant nous. En effet Hugi a donné à la planche II un profil de la Jungfrau dans lequel ces roches sont indiquées comme granite. Cette observation importante a été laissée de côté par Baltzer et Fellenberg et a été ainsi perdue.

près du Mattenbach, on trouve sur ce plan une belle lentille de calcaire dolomitique du Trias supportant une série normale avec des faciès qui diffèrent de ceux du sédimentaire autochtone, mais qui appartiennent à la Nappe Morcles-Doldenhorn. **Ainsi, le plan de chevauchement qui passe sur l'écaïlle autochtone III b représente le plan de chevauchement de la Nappe Morcles-Doldenhorn.**

Dès lors, le Sédimentaire que nous traversons pour atteindre le granite du sommet de la Jungfrau appartient à la Nappe de Morcles-Doldenhorn. Il est constitué vraisemblablement par deux éléments tectoniques: un supérieur représentant le flanc renversé du cristallin du sommet de la Jungfrau et un inférieur appartenant à une digitation supérieure de la nappe et dont la situation ici, comme au Schwarz Mönch, ne s'explique que par un **phénomène d'involution.**

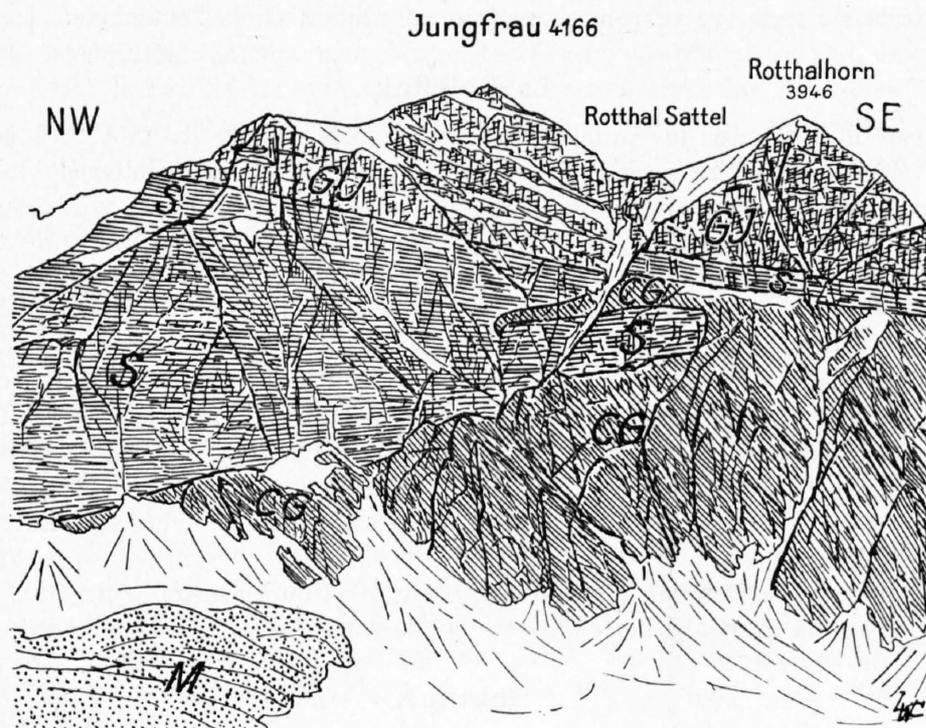


Fig. 4. La Jungfrau, vue de la Cabane du Rottal.

GJ: Granite de la Jungfrau. CG: Cristallin de Gastern. S: Sédimentaire. M: Moraines.

Au-dessus de la lentille tertiaire formant le sommet de l'écaïlle III b, on traverse le Malm involué de la digitation supérieure, puis on pénètre dans la série renversée de l'élément tectoniquement inférieur. Elle est constituée de bas en haut par:

- 1° des calcaires gris plus ou moins imprégnés d'oxyde de fer. Infravalanginien;
- 2° conglomérat calcaire à ciment dolomitique, visible au pied de la corde fixe inférieure, et représentant la couche de Graspas de Müller. Limite du Jurassique et du Crétacé.
- 3° Malm.

Le contact entre le granite du sommet et le Malm est nettement mécanique (fig. 4). Le Trias, le Dogger et le Callovien renversés font donc défaut, car ces terrains même mylonitisés ne peuvent passer inaperçus. Comme à l'Eigerjoch le Dogger et l'Argovien renversés existent sous le même granite, nous pensons que leur suppression est ici d'ordre tectonique. Nous retrouverons ce même contact mécanique entre le granite du sommet de la Jungfrau et le Malm au Jungfraujoeh où, là comme ici, on voit des échardes de granite qui ont pénétré dans la base du Malm écrasé.

Le Hochfirn repose entièrement sur le granite du sommet de la Jungfrau qui est coupé par un plan de chevauchement très visible dans la paroi qui domine le glacier de Giessen. Les sommets du Silberhorn et du Schneehorn sont entaillés dans cet élément ainsi que l'arête qui

de la Jungfrau s'abaisse vers le Jungfraujoch. Nous trouvons une **klippe de granite de la Jungfrau** au sommet 3575, sans nom sur notre carte, mais qui porte dans la région le nom de Sphinx et à la base duquel se trouvent l'Hôtel et la station terminus du chemin de fer de la Jungfrau.

Le sommet du Mönch, ainsi que son arête N.-E. jusqu'au Nördliches Eigerjoch, est formé par le granite de la Jungfrau.

Les sommets du Rottalhorn, Gespensterhorn, Gletscherhorn et Ebnefluh se trouvent dans le **granite de la Jungfrau**, tandis que le Mittaghorn, Grosshorn, Breithorn et Tschingelhorn sont entaillés dans leur partie supérieure dans les **paragneiss du Lötschental**. Comme nous l'avons reconnu dernièrement, le contact entre le granite de la Jungfrau et les paragneiss du Lötschental est pétrographique et non tectonique comme l'avaient admis BUXTORF et COLLET (96). Nous reviendrons du reste sur ce point important en traitant de la Tectonique.

La Roteflüh.

En traversant le glacier du Rottal, sur le trajet de la Cabane du C. A. S. à la Roteflüh, on passe au voisinage de l'îlot gneissique qui porte la cote 2724. Ce pointement doit appartenir au coin cristallin de la Cabane du Rottal. Leur proximité et leurs altitudes voisines nous incitent à le croire. Il en est de même des gneiss qui débudent à l'altitude d'environ 2760 m sur l'arête de la Roteflüh. Ces derniers ont été, en effet, charriés vers le N.-W. et reposent sur une série mésozoïque renversée et écrasée où l'on reconnaît le Trias, le Dogger, l'Oolithe ferrugineuse callovienne, l'Argovien et le Jurassique supérieur.

Descendons maintenant sur le versant S. de la Roteflüh. On y voit le Trias et le Jurassique se replier en deux anticlinaux qui épousent les têtes de deux coins cristallins de petite taille, inférieurs au gros élément de la Cabane du Rottal. Plus bas, au pied de la paroi S. de la Roteflüh, le Trias et le Dogger décrivent encore deux replis anticlinaux. Le plus inférieur de ces plis se retrouve sur le versant N. sous forme d'une réapparition de Trias dans les calcaires échinodermiques du Dogger.

Le versant S. de la Roteflüh a ceci d'intéressant, c'est qu'il montre la structure du soubassement du coin cristallin de la Cabane du Rottal que le glacier masque complètement plus au N.

Résumé.

L'ascension de la Jungfrau, par le Rottal, nous a permis de constater l'existence des éléments tectoniques suivants, de bas en haut :

- I. Le cristallin de Gastern et ses coins.
- II a. La couverture sédimentaire du cristallin de Gastern, décollée et plissée par l'avance des éléments tectoniques supérieurs.
- II b. Une première écaille de sédimentaire autochtone, due au départ d'un coin cristallin visible sur la rive gauche de la langue terminale du glacier du Rottal.
- III a. Une deuxième écaille de sédimentaire autochtone, séparée de la précédente par des mylonites gneissiques. Cette écaille, tout comme les mylonites, se moule sur le front d'un anticlinal couché de cristallin de Gastern (coin de la Cabane du Rottal) et coupe en biseau le synclinal sédimentaire sous-jacent.
- III b. Une troisième et dernière écaille de sédimentaire autochtone.
- IV. Une digitation supérieure de la Nappe Morcles-Doldenhorn, en involution.
- V. Le noyau cristallin de la Nappe Morcles-Doldenhorn, formé par le granite du sommet de la Jungfrau, et une partie de son flanc renversé de sédimentaire.

2. Le Schwarz Mönch.

Le Schwarz Mönch est ce formidable bastion de la Jungfrau qui domine la vallée de Lauterbrunnen entre le Trümmelbach et Stechelberg. L'ascension en est longue de la vallée

et nous avons été obligés d'y camper quelques jours pour en étudier les hautes parties. La montée directe depuis Stechelberg, par le Katzenweg, permet de faire une superbe coupe que nous avons complétée par plusieurs traversées obliques depuis la Stufensteinalp, ce qui nous permettait de raccorder la coupe que nous avons faite en montant au Rottal. Il nous a été facile ensuite de suivre à la jumelle dans la paroi N., de la Wengernalp, les terrains déterminés sur le versant de Stechelberg. Nous avons tenu, toutefois, à traverser le col situé entre le Rotbrett et le sommet 2718 pour examiner le Tertiaire du versant N.

De Stechelberg, le Katzenweg traverse la couverture sédimentaire du cristallin de Gastern qui se termine ici par du calcaire infravalanginien. C'est donc notre série II *a* de la coupe du Rottal. Elle supporte l'écaille II *b* qui ici n'est représentée que par du Malm. A l'altitude de 1600 m dans la branche N. du Mattenbach, après avoir longé une paroi sur deux ponts de bois, des **lentilles de gneiss mylonitisés**, dont une mesure 2 m d'épaisseur, accentuent un plan de chevauchement qui doit être celui de l'écaille III *a* du Rottal. Il en est bien ainsi, car, des collines situées à l'W. de Mürren, ce plan de chevauchement peut être suivi à la jumelle, **sans interruption**, jusqu'au sommet de la Bärenfluh où il se raccorde au mur de gneiss mylonitisés situé au-dessus de la Cabane du Rottal.

En suivant dans la direction du Trümletental le plan qui porte les gneiss mylonitisés et qui marque la superposition des deux séries autochtones II *b* et III *a*, nous avons découvert un nouvel affleurement de ces mylonites gneissiques. Il se trouve au pied de l'arête rocheuse qui limite les faces W.-N.-W. et W.-S.-W. du Schwarz Mönch et porte le pinacle caractéristique auquel la montagne doit son nom. On voit là, au-dessus de calcaires broyés du Malm de la série II *b*, une lentille épaisse de 0,50 m de **gneiss mylonitisés**, surmontée de calcaires spathiques étirés appartenant au Dogger de la série III *a*. Cette mylonite fait partie, comme nous l'avons dit, du train de lentilles qui passe au-dessus de la Cabane du Rottal. Elle a donc subi un transport de près de 4 km sur la transversale Rottal-Schwarz Mönch-Trümmelbach.

Plus au N.-N.-E., le plan de chevauchement est dépourvu de cristallin, ce qui est particulièrement visible dans la paroi dominant une ancienne balme de chasseurs. Un puissant conglomérat bajocien à ciment de calcaire échinodermique et à galets de calcaire dolomitique, surmonte là le Malm II *b* par l'intermédiaire d'un plan très caractérisé. Sur la rive gauche du Trümletental, au S. de la lettre ü de Trümmelbach (A. S. Feuille 488), le contact des séries II *b* et III *a* se présente comme suit :

- 1° Malm mylonitisé, sommet de la série II *b*.
- 2° Sur le plan de chevauchement, quelques centimètres d'un calcaire noir complètement malaxé. Base de la série III *a*.
- 3° Banc de calcaire mylonitisé 0,60 m.
- 4° Calcaire gréseux mylonitique, d'aspect grumeleux et de teinte verdâtre ¹⁾. *Sous le microscope (coupe 1011)*, les quartz disloqués montrent des extinctions onduleuses; leurs fragments ont été recimentés par de la calcite. La chamosite et les oxydes de fer s'y présentent en traînées. Base du Dogger 2,50 m.
- 5° Calcaire échinodermique écrasé, 3—4 m. Bajocien.
- 6° Argovien 10 m.
- 7° Malm.

Le plan de chevauchement se poursuit vers l'E. dans le Trümletental et devient inaccessible dans la paroi située en face de la « Brechalp » (A. S. In den Brüchen). L'Argovien 6 est masqué sur un court espace par le plus inférieur des glaciers régénérés du Trümletental, puis reparaît, sur la rive droite du Trümmelbach, sous forme d'une bande continue qui se prolonge vers l'aval après avoir passé au-dessous du point 1301.

¹⁾ Notre publication de 1923 (104) mentionne en ce point une mylonite gneissique. Cette détermination rapide basée sur l'aspect macroscopique du niveau 4, n'était pas définitive. Sa véritable nature, masquée par l'intense trituration mécanique, ne s'est révélée qu'en coupe mince. Il convient donc de supprimer sur notre carte géologique l'écaille violette que le graveur a laissé subsister bien que la correction eût été demandée sur les épreuves.

Reprenons notre ascension; nous traversons l'écaille III *a* qui, le long du Mattenbach, est composée d'une série normale débutant avec de l'Argovien supportant le Malm, puis nous trouvons le calcaire infravalanginien, le Sidérolithique qui, à partir du Staldenbach, supporte des Brèches de Mürren (Priabonien inférieur) qu'on peut suivre vers le S.-E. Cette série normale est recouverte par une nouvelle série normale comprenant du Malm, de l'Infravalanginien et du Sidérolithique. C'est l'écaille III *b* du Rottal dont le sommet se trouve à l'altitude de 2155 m à la base d'un petit vallon qui conduit au Wildwang. C'est le lieu connu sous le nom de Gämschiboden des gens de la vallée de Lauterbrunnen. Là, dans le lit d'un petit torrent (fig. 5), on voit une belle lentille de calcaire dolomitique du Trias reposant sur le Sidérolithique de l'écaille III *b*. Ce Trias marque le début des terrains appartenant à :

La Nappe Morcles-Doldenhorn. En effet, la partie supérieure du Schwarz Mönch est formée par un synclinal couché et digité qui est caractérisé par la présence de grès siliceux du Valanginien



Photo L. W. Collet.

Fig. 5. Contact de la Nappe Morcles-Doldenhorn avec l'Autochtone au Gämschiboden.

T: Trias et Js: Malm de la Nappe. C1: Infravalanginien et S: Sidérolithique de l'Autochtone.

et de calcaires gréseux de l'Hauterivien (Tschingelkalk) manquant dans la série autochtone. Le plan de la nappe passe donc entre le Trias et le Sidérolithique du Gämschiboden. Vers le N., ce plan, souvent souligné par des grottes et des voûtes, passe entre l'Infravalanginien de l'écaille III *b* et le Malm de la nappe. Il est également très marqué dans la paroi N. où on peut le tracer jusqu'au glacier de Guggi.

Les nombreux replis du synclinal du Schwarz Mönch sont bien marqués dans les calcaires gréseux sombres du Valanginien, comme on peut s'en rendre compte du Tanzboden, à l'W. de Trachsellauenen, ou du sommet du Bütlassen, d'où l'on a une bonne vue d'ensemble sur la partie élevée de la montagne.

En suivant le vallon qui, du Gämschiboden, conduit au Wildwang, on traverse, à partir du plan de la nappe, la lentille de Trias, une faible épaisseur de Malm, puis les calcaires à patine grise de l'Infravalanginien qui forment la plus grande partie des puissantes dalles des Strählplatten. Le dynamométamorphisme a été si puissant dans l'Infravalanginien que les calcaires contenant un

peu d'oxyde de fer ont été transformés en marbres blancs avec des veines roses ou vertes. Au N. du vallon que nous suivons, dans un couloir assez raide, on voit un empilement de charnières synclinales de Valanginien brun séparées par des calcaires gris infravalanginiens formant anticlinaux. Les deux charnières supérieures se voient au Wildwang (fig. 6, 7).

Gagnons maintenant le col situé entre le point 2718 et le Rotbrett. Après avoir traversé la dernière charnière synclinale de Valanginien nous arrivons sur une vire de schistes noirs, charbonneux, qui marque le pied de la paroi sommitale du Schwarz Mönch. En la suivant jusqu'à l'angle N.-W. de la montagne, nous voyons qu'elle souligne un accident tectonique. Les schistes noirs de la vire qui passent vers le N.-W. à des formations sidérolithiques, représentent la base du Valanginien. Ils supportent une paroi de calcaires gris infravalanginiens avec, au sommet, un chapeau de Valanginien à patine plus foncée (fig. 8).

Si, du Wildwang, nous suivons au contraire la vire de schistes noirs vers le S.-E., nous ne tardons pas à trouver sur le plan de chevauchement et sous l'Infravalanginien une énorme lentille de calcaires gréseux de l'Hauterivien formant la paroi qu'il faut franchir pour arriver au Col du Schwarz Mönch. La paroi sommitale du Schwarz Mönch forme donc un anticlinal couché, comme le prouvent les replis de l'Infravalanginien dans la paroi du point 2718 (fig. 9). D'autre part, sous le plan de chevauchement, nous trouvons un synclinal replissé de Valanginien. Le plan coupe en biseau le flanc renversé de l'anticlinal couché et le synclinal sous-jacent.

Il est donc vraisemblable que ces deux séries renversées n'en formaient primitivement qu'une, comme nous l'avons admis sur notre carte où ce détail ne pouvait être figuré et qu'une poussée secondaire, probablement en relation avec le sens de l'involution, a déterminé

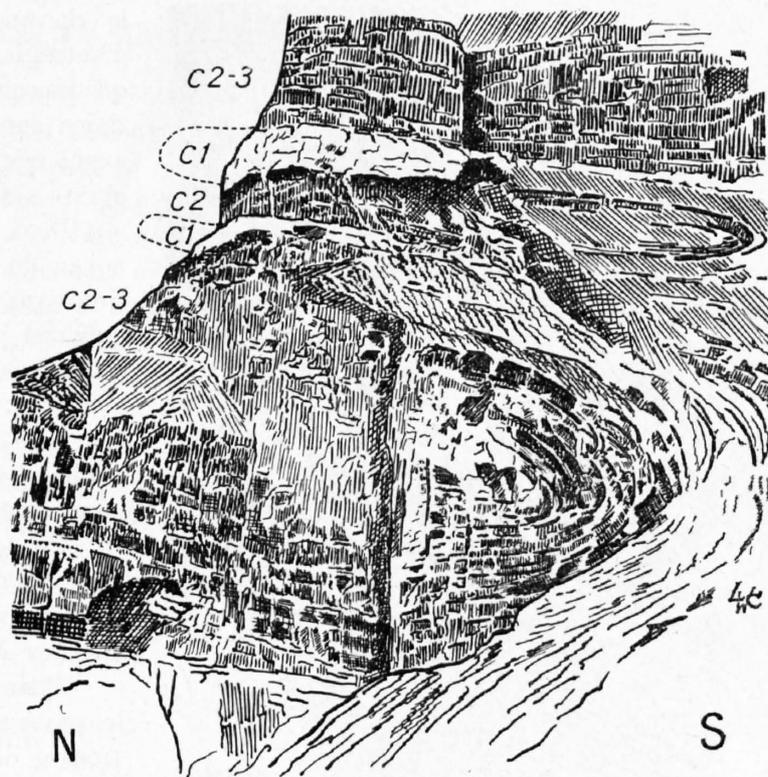


Fig. 6. Plissements dans le Crétacé à la Stellifluh. Schwarz Mönch.

C1: Infravalanginien. C2: Valanginien. C3: Hauterivien.

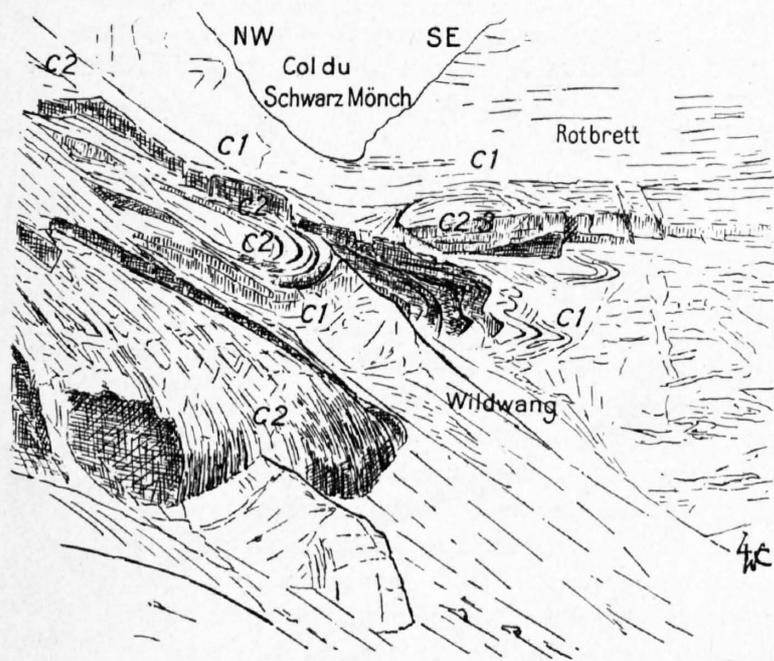


Fig. 7. Plissements dans le Crétacé du Wildwang. Schwarz Mönch.

C1: Infravalanginien. C2: Valanginien. C3: Hauterivien.

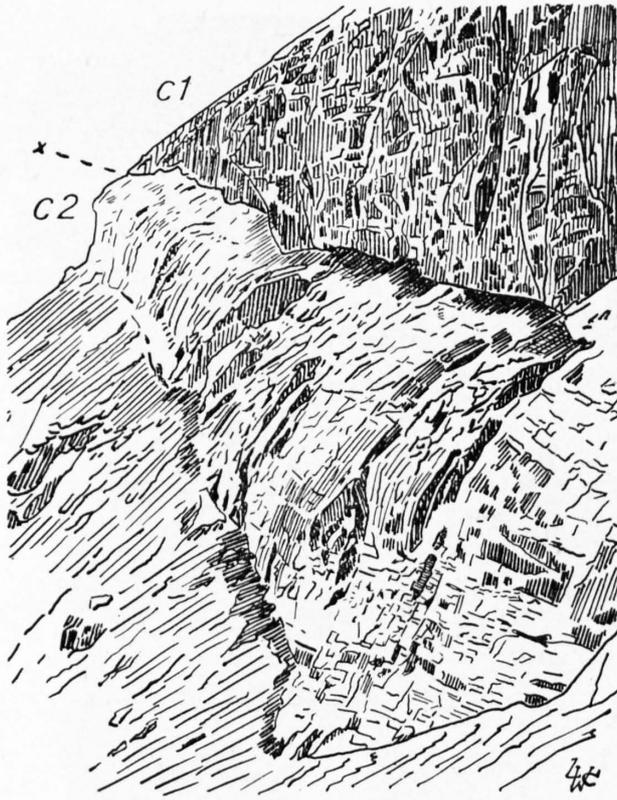


Fig. 8. Chevauchement de l'Infravalanginien du sommet du Schwarz Mönch sur le Valanginien. Vue prise au N.-W. du W. de Wildwang. C1: Infravalanginien. C2: Valanginien.

Résumé.

Nous trouvons dans le Schwarz Mönch les éléments suivants, de bas en haut:

- 1° La couverture sédimentaire du cristallin de Gastern, soit l'élément II *a* de la coupe du Rottal, chevauchée par:
- 2° une première écaille de sédimentaire autochtone qui correspond à l'élément II *b* de la coupe du Rottal;
- 3° une deuxième écaille de sédimentaire autochtone, sur le plan de laquelle on rencontre des lentilles de mylonites gneissiques. C'est l'élément III *a* de la coupe du Rottal;
- 4° une troisième et dernière écaille de sédimentaire autochtone qui n'est autre que l'élément III *b* de la coupe du Rottal. Elle supporte:
- 5° un synclinal couché et digité appartenant à la Nappe de Morcles-Doldenhorn.

le chevauchement. Nous avons aussi envisagé d'autres interprétations basées sur la supposition que les couches noires pourraient être de l'Hauterivien supérieur ou même du Flysch, nous les avons rejetées comme peu conformes aux faits observés sur le terrain.

Deux synclinaux de Tertiaire forment le noyau du grand synclinal couché et digité du Schwarz Mönch. Ce n'est que sous le sommet qu'il est possible de voir les relations entre le Valanginien, le Sidérolithique, le Priabonien et le Flysch, encore que ces formations soient terriblement écrasées. Ce n'est qu'après avoir étudié la série nummulitique du versant N. que nous avons pu identifier ces roches.

Un point important à noter est la direction des plis du Schwarz Mönch. Nous avons mesuré dans les charnières d'Hauterivien une direction N. 70° W.

Quand du Schwarz Mönch on contemple le paysage à l'W., on s'étonne de ne pas retrouver dans la région de Mürren l'équivalent géologique du Gspaltenhorn, c'est-à-dire le front de la Nappe Morcles-Doldenhorn. La direction des charnières du Schwarz Mönch devient un argument en faveur de l'involution de cet élément.



Fig. 9. Plissements dans l'Infravalanginien. Versant S.-W. du sommet 2718. Schwarz Mönch.

3. Le Jungfrauoch.

Grâce au chemin de fer de la Jungfrau, cette région est d'un accès très facile. Ceux qui désirent, sans fatigue, toucher au contact mécanique du granite du sommet de la Jungfrau avec le sédimentaire sous-jacent, ou voir les mylonites gneissiques dans ce sédimentaire extraordinairement laminé et écrasé, n'ont qu'à se rendre au Jungfrauoch dans de confortables wagons. Du Berghaus, une galerie conduit en quelques minutes au Plateau du Jungfrauoch. Chemin faisant, des phénomènes géologiques d'une étonnante clarté peuvent être étudiés, tandis que les détails de l'ossature du Mönch peuvent être observés du Plateau.

L'été 1929, d'une extraordinaire sécheresse, a produit un tel déneigement qu'il nous a été possible en septembre 1930 d'observer des phénomènes qui jusqu'ici nous avaient été cachés par la neige ou la glace. Notre carte géologique au 1 : 25 000^e, publiée en 1928, ne contenant pas ces faits nouveaux, nous donnons ici, grâce à l'amabilité de la Jungfraubahn, une carte géologique de la région du Jungfrauoch au 1 : 2000^e basée sur un levé topographique effectué à l'échelle 1 : 500^e (pl. VI).

Nous diviserons la description géologique du Jungfrauoch en trois parties :

- 1^o l'Hôtel Fels;
- 2^o le Sphinx;
- 3^o les tunnels.

L'Hôtel Fels.

On entend sous le nom d'*Hôtel Fels* (fig. 10) un rocher qui sort de la neige à 80 m environ, en distance horizontale, à l'W. du Berghaus. Sa hauteur peut varier, suivant l'enneigement, de 45 à 60 m. Il peut être étudié depuis le Berghaus tout comme depuis la galerie du Touristenhaus. On peut en faire la coupe au marteau sur son bord W., où l'on risque moins des chutes de pierres que sur le bord E. Du sommet à la base on voyait, en septembre 1930, les éléments suivants :

- 1^o le granite du sommet de la Jungfrau, d'une patine jaune rougeâtre, d'une épaisseur d'environ 14 m. Il repose sur :
- 2^o une première zone de sédimentaire, de couleur noire, d'une épaisseur d'environ 10 m. Le contact du granite avec le sédimentaire peut être facilement examiné sur le versant N. Il s'agit d'un contact mécanique, car le Trias manque et des échardes de cristallin pénètrent dans le sédimentaire. Ce contact est du même type que celui que nous avons rencontré dans notre montée à la Jungfrau par le Rottal (p. 27). Le sédimentaire contient deux zones de mylonites gneissiques. Une supérieure, continue, bien reconnaissable à sa patine jaune rougeâtre et une zone inférieure représentée ici seulement par une lentille.

Cette première zone de sédimentaire est supportée par :

- 3^o une première zone de cristallin de Gastern, d'un jaune rouge, d'une épaisseur d'environ 8 m. Elle recouvre :



Fig. 10. L'Hôtel Fels. Jungfrauoch.

GJ : Granite de la Jungfrau. CG : Cristallin de Gastern.
S : Sédimentaire. M : Mylonites gneissiques. eb : éboulis.

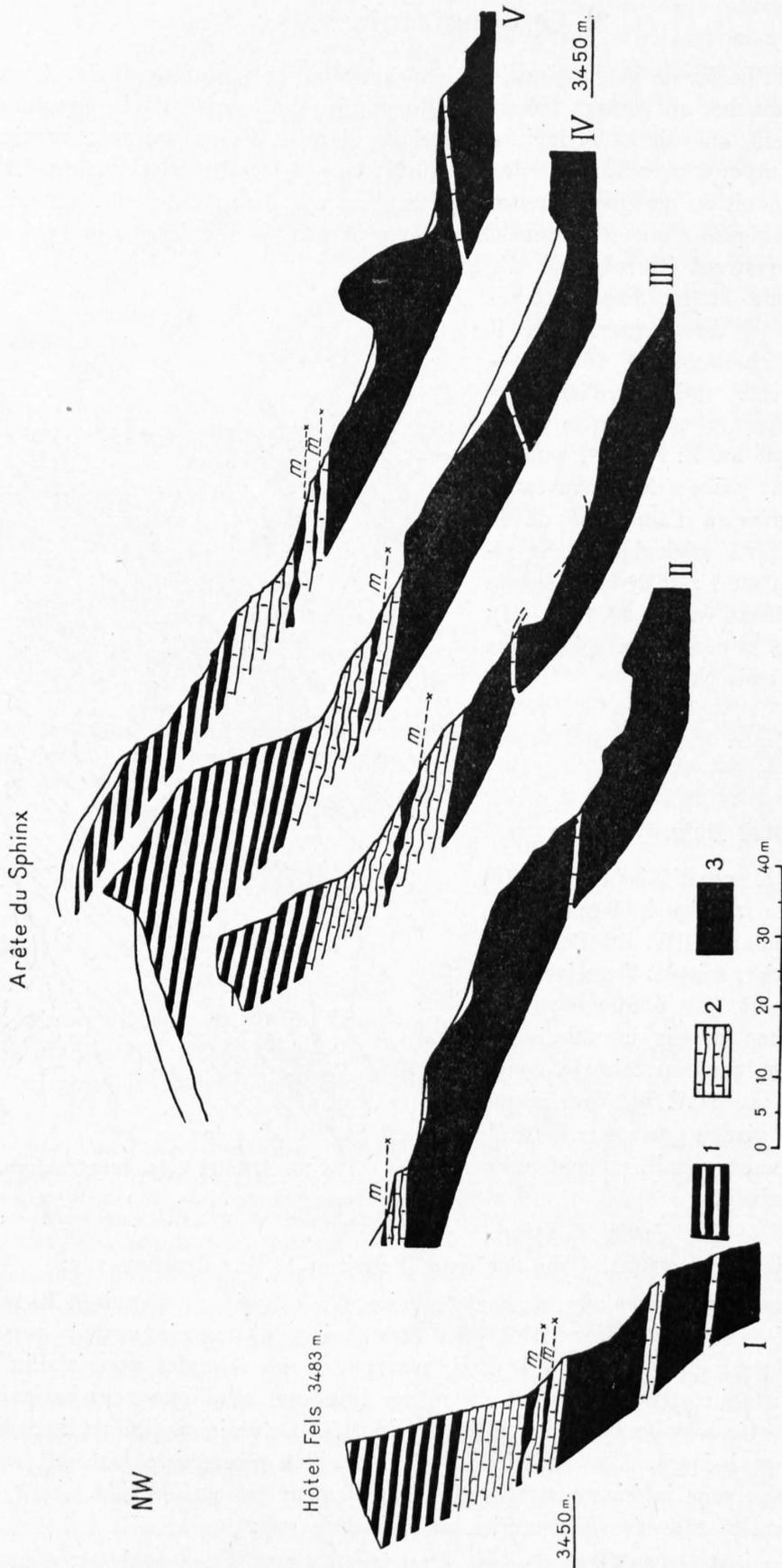


Fig. 11. Profils du Sphinx et de l'Hôtel Fels (Jungfraujoch).

1: Granite de la Jungfrau.
2: Jurassique et Trias.

3: Cristallin de Gastern.
m: mylonites gneissiques.

- 4° une deuxième zone de sédimentaire qui en certaines années peut être cachée sous la neige. Son épaisseur varie, mais ne dépasse pas 3 m. Au-dessous nous trouvons:
- 5° une deuxième zone de cristallin de Gastern d'une épaisseur variant de 2 à 7 m. Elle recouvre:
- 6° une troisième zone de sédimentaire, très mince, peu visible à distance. Elle est supportée par:
- 7° une troisième zone de cristallin de Gastern, qui formait la base de l'Hôtel Fels en septembre 1930.

Le Sphinx.

Le *Sphinx* est le promontoire rocheux S.-W. du Mönch, culminant au point 3575 de notre carte géologique au 1 : 25 000^e, mais sans nom sur cette dernière. Les hôtels et la Station scientifique sont construits sur son versant S. La gare, par contre, est souterraine.

Le granite du sommet de la *Jungfrau*, formant le sommet de l'Hôtel Fels, se retrouve, avec sa patine jaune rougeâtre, dans la paroi culminante du *Sphinx* (fig. 11).



Photo L. W. Collet.

Fig. 12. Lentille de Mylonites gneissiques dans le sédimentaire de la galerie conduisant au Plateau du Jungfraujoch (Galerie actuellement murée).

M : Mylonites gneissiques. Js : Sédimentaire.

La première zone de sédimentaire de l'Hôtel Fels se retrouve au débouché de la galerie qui conduit au Plateau du Jungfraujoch. Elle coupe le versant S. du Sphinx en s'élevant légèrement vers l'E. Elle contient deux zones de mylonites gneissiques dont l'inférieure est la moins continue. Une lentille de mylonites gneissiques est visible dans la galerie qui, du Berghaus, conduit au plateau (fig. 12). Les deux zones de mylonites gneissiques peuvent aussi être observées de la plateforme supérieure de la Station scientifique. A 18 m de la sortie de la galerie conduisant au Plateau du Jungfraujoch, sur le chemin et dans la petite paroi qui le domine, on peut observer la jolie coupe que voici:

- 1° La surface supérieure du gneiss de Gastern affleure sur le chemin. Tout près, le même cristallin forme un léger bombement au pied de la petite paroi.
- 2° Le gneiss est surmonté par 0,35 m de calcaires et de schistes argileux noirs triasiques à pellicules jaunes. Ce Trias s'écrase vers la gauche avant d'atteindre le bombement cristallin qui, lui, est recouvert directement par la formation suivante.

- 3° Calcaires bleu foncé, plaquetés, très écrasés, veinés de calcite. 0,70 à 1,10 m; Jurassique supérieur. L'état d'écrasement de la roche ne permet pas de préciser davantage, mais il est possible que ces calcaires soient en partie argoviens. Deux raisons nous incitent à le croire. A l'Ober Mönchjoch, où la bande mésozoïque est plus épaisse, le faciès des Schiltschichten est très net et le Jurassique tout à fait supérieur semble manquer. Puis, au Plateau du Mönch, au-dessus de la Cabane du Guggi, le granite de la Jungfrau repose directement sur l'Argovien fossilifère.
- 4° Schistes argileux noirs à pellicules jaunes. Trias; 0—0,20 m.



Photo L. W. Collet.

Fig. 13. Duplication de la série mésozoïque à la sortie de la galerie conduisant au Plateau du Jungfraujoeh.

Légende dans le texte.

- 5° Banc de calcaire échinodermique clair, écrasé. Dogger; 0,05—0,20 m.
- 6° Niveau ferrugineux rouge avec calcaires verdâtres représentant probablement l'Oolithe ferrugineuse callovienne. 0 à 0,10 m.
- 7° Calcaires foncés plaquetés semblables à ceux décrits au n° 3. Jurassique supérieur; 1 à 2 m.
- 8° Niveau des mylonites gneissiques supérieures.

Il y a là deux séries mésozoïques superposées (fig. 13). L'inférieure comporte du Trias et du Malm. Dans la supérieure, le Trias, le Dogger et le Malm sont représentés. Un effort tectonique extraordinaire les a réduites respectivement à 1,45 m et 2,50 m au maximum. Ces deux séries se poursuivent dans la galerie où elles plongent vers le S.-E., mais où leur observation est peu aisée.

Du Jungfraufirn, le cristallin sous-jacent à la première zone de sédimentaire ne paraît pas divisé. Cependant, un examen attentif de la région située à l'W. du Berghaus nous montre qu'il est subdivisé en deux par une zone de sédimentaire, en majeure partie formée de roches du Trias, d'une épaisseur variant de 0 à 2 m. Elle débute à l'altitude de 3445 m, passe à quelques mètres au-dessous du Berghaus et du Touristenhaus. Nous la retrouvons ensuite à l'angle W. de la première plateforme de la Station scientifique, puis à l'angle E. de la deuxième. A partir de là, elle s'amincit et ne se traduit que par un plan, coupant le cristallin en deux parties, que l'on suit jusqu'à l'extrémité E. des rochers du Sphinx.

Les tunnels.

a) La gare.

Le Sphinx est traversé par plusieurs tunnels qui vont nous rendre les plus grands services pour l'interprétation tectonique de cette région (pl. VI). Le tunnel du chemin de fer s'élargit à son extrémité en une gare souterraine. De la gare, deux galeries donnent accès, l'une au Berghaus,

l'autre au Touristenhaus. A mi-chemin entre la gare et le Touristenhaus s'amorce une longue galerie parallèle au tunnel du chemin de fer; c'est la galerie du Sphinx qui débouche sur le Jungfraufirn à l'E. du sommet du Sphinx. La galerie d'accès à la Station scientifique est perpendiculaire sur celle du Sphinx et s'ouvre sur cette dernière à 42 m de son extrémité W. La galerie qui mène du Berghaus au quai de la gare, la gare elle-même sont excavées dans le cristallin de Gastern, sur lequel sont construits, à l'extérieur, les divers bâtiments de la station. Mais l'examen des parois de la gare va nous montrer la complexité de ce cristallin. En suivant sur 18 m le quai vers l'E., on atteint une zone de schistes argileux noirs triasiques, épaisse de 2 m au voisinage du trottoir. Ces schistes présentent des intercalations de calcaires dolomitiques et de grès et sont en discordance tectonique sur le cristallin du toit. Le contact entre cristallin et Trias est dirigé N. 50° E. et plonge de 60° au N.-W. Bien marqué par une fissure, il s'élève sur la paroi S. du tunnel, coupe obliquement le plafond pour redescendre dans la paroi N. Mais le sédimentaire a diminué fortement d'épaisseur de ce côté; il n'y a plus que 0,10 m de schistes triasiques au pied du mur septentrional. Revenons sur le quai. Le Trias que nous avons signalé repose sur un cristallin mylonitique faillé en tous sens. On ne reconnaît un gneiss compact à biotite qu'à 12 m du contact inférieur des schistes triasiques. La galerie du Touristenhaus et celle du Sphinx sont ménagés dans cet élément cristallin inférieur.

b) La galerie du Sphinx.

A 19 m de l'entrée de cette galerie, une faille probablement normale et contraire coupe obliquement le couloir. Sa direction est N. 35° E. et son plongement de 62° au S.-E. Au mur de la faille et près du plafond de la galerie, on voit, sur une épaisseur de 1,20 m, des schistes argileux triasiques en mélange tectonique avec des esquilles cristallines. Ils plongent faiblement vers le N.-W. et viennent buter contre le plan de faille en se relevant légèrement. Ce sédimentaire est celui qui sépare le coin cristallin supérieur du cristallin de base et que nous avons suivi sur toute la face S. du Sphinx. C'est probablement le même aussi qui apparaît dans les parois de la gare et que nous venons de décrire. Le reste de la galerie du Sphinx se maintient dans le cristallin inférieur à la bande triasique. A 45 m avant de parvenir au coude qui précède la sortie, la masse gneissique est divisée par de nombreuses cassures dirigées en moyenne vers le N. 40° E. et plongeant de 45° au S.-E.

Résumé.

En résumé, on voit dans la région du Jungfrauoch le chevauchement du granite du sommet de la Jungfrau et du Mönch sur le cristallin de Gastern par l'intermédiaire d'une zone de sédimentaire contenant des mylonites gneissiques dont nous avons déjà parlé dans notre description de la Jungfrau.

Le cristallin de Gastern sous-jacent est divisé en au moins deux coins séparés par du sédimentaire. L'un d'eux a été dédoublé sur son front comme le montre la base de l'Hôtel Fels où deux bandes sédimentaires sont intercalées entre trois éléments cristallins.

4. Le Mönch.

Dans sa partie supérieure, le Mönch est une réplique de la Jungfrau, comme on peut s'en rendre compte en examinant la paroi W. depuis le Plateau du Jungfrauoch. La bande de sédimentaire, qui sépare le cristallin de Gastern de celui de la Jungfrau, peut être étudiée facilement à l'Ober Mönchjoch où son épaisseur est plus grande qu'au Jungfrauoch. Examinons de plus près ces deux régions du Mönch:

La paroi Ouest.

Du Plateau du Jungfrauoch, la paroi W. du Mönch doit être étudiée au soleil couchant si l'on veut pouvoir discerner les détails des éléments tectoniques du cristallin de Gastern.

De plus, il est préférable de faire ces observations à la fin de l'été, au commencement de septembre par exemple, pour éviter que la neige ne recouvre des points intéressants.

Comme au Rottal, on reconnaît d'emblée les deux grands éléments structuraux: le cristallin de Gastern et le granite du sommet de la Jungfrau, séparés par une bande de sédimentaire noirâtre tranchant sur la patine jaune rougeâtre du granite du sommet et sur celle grisâtre des gneiss de Gastern. Comme au Rottal, on voit ici ce sédimentaire augmenter rapidement d'épaisseur vers le N.-W. où il entoure deux coins de cristallin de Gastern (profil 4, pl. X et pl. VII, fig. 5). Une partie de ce sédimentaire, la supérieure, appartient à la Nappe de Morcles-Doldenhorn et l'inférieure à la couverture sédimentaire du massif de Gastern. Le contact entre ces deux sédimentaires passe un peu au-dessus de la Cabane du Guggi que l'on voit à environ 800 m plus bas que notre observatoire.

Le granite qui forme le sommet du Mönch est le même que celui du sommet de la Jungfrau, avec cette différence qu'ici il descend beaucoup plus bas vers le N.-W., atteignant l'altitude d'environ 3300 m, au-dessus du Plateau du Mönch.

Il est facile d'observer que le cristallin de Gastern est divisé en deux grands coins qui correspondent, sans aucun doute, aux deux coins cristallins supérieurs du Rottal, avec cette différence que le coin supérieur ici déferle plus avant que ce n'est le cas au Rottal. La présence d'une ancienne galerie de décharge (Mönchstollen) des matériaux enlevés dans le tunnel du chemin de fer nous a permis d'intéressantes observations portant sur le flanc renversé du coin cristallin inférieur. Une maisonnette marque encore dans la paroi à l'altitude de 3340 m le point de sortie de cette galerie, où l'on trouve au toit des calcaires échinodermiques du Bajocien et au mur des calcaires dolomitiques du Trias que l'on reconnaît à la jumelle depuis notre perchoir grâce à leur patine jaune. Dans la galerie on voit le contact entre le cristallin, du granite, et le Bajocien renversé. Ce contact est mécanique, car plus au N.-E. des calcaires dolomitiques du Trias sont intercalés stratigraphiquement entre le granite et le Bajocien.

Le Trias manque *sur* le cristallin du coin inférieur. C'est précisément ce que nous avons observé *sur* le cristallin du coin de la Cabane du Rottal où la lacune est d'ordre stratigraphique. Comme, au Mönch, nous nous trouvons dans le même élément tectonique, il est probable que l'absence de Trias est due à la même cause, c'est-à-dire à une émergence ou à la transgression bajocienne.

Quand il n'y a pas de neige dans la paroi, directement au-dessous de la Cabane du Mönchstollen, on voit que le Trias forme deux anticlinaux, avec noyau de cristallin. Le Trias de l'anticlinal supérieur correspondant au Trias que nous avons noté au mur de la galerie.

L'Ober Mönchjoch.

En suivant approximativement le sentier utilisé pour l'ascension du Mönch par l'arête S.-E. la bande sédimentaire, fort épaisse, se montre constituée de bas en haut par (fig. 14):

- 1° Schistes argileux noirs avec intercalations de calcaires dolomitiques à patine jaune. Cette formation, triasique, était visible sur 1 m d'épaisseur le 9 septembre 1930.
- 2° Calcaire dolomitique à patine jaune, foncé à la cassure, renfermant un niveau conglomératique; les éléments de ce dernier peuvent atteindre 2 cm de diamètre. Le calcaire devient gréseux au sommet. Rhétien probable; 0,60 m.
- 3° Calcaires échinodermiques bien lités contenant des galets de calcaire dolomitique. Dogger; 10 m.
- 4° **Mylonite gneissique.** 9 m.
- 5° Quartzites du Trias inférieur en lentilles et en placages.
- 6° Calcaires et schistes tachetés de jaune. Argovien; 6 à 8 m.
- 7° Oolithe ferrugineuse et marbres rubanés. Callovien probable; 0,10 m.
- 8° Calcaires argoviens. 4 m.
- 9° **Mylonites gneissiques** en lentilles d'une épaisseur maximum de 1,30 m. Cette lame cristalline s'amincit vers l'E. et vers l'W. où elle est accompagnée de

- 10° Calcaires dolomitiques du Trias. 0,30 m.
- 11° Calcaire échinodermique. Dogger; 1 m.
- 12° Oolithe ferrugineuse et marbres rubanés rouges et verts. Callovien probable; 0,50 m.
- 13° Calcaires et schistes argoviens épais. 30 m environ.
- 14° Oolithe ferrugineuse et marbres rubanés rouges et verts. Callovien probable; 0,10 à 0,20 m.
- 15° Calcaires échinodermiques. Dogger; 6 à 7 m. Les mesures de direction et de plongement donnent, dans cette formation, N. 42° E., 27° S.-E.
- 16° Cristallin fortement rubéfié du Mönch. Près du contact. le sédimentaire est très écrasé et replissé.

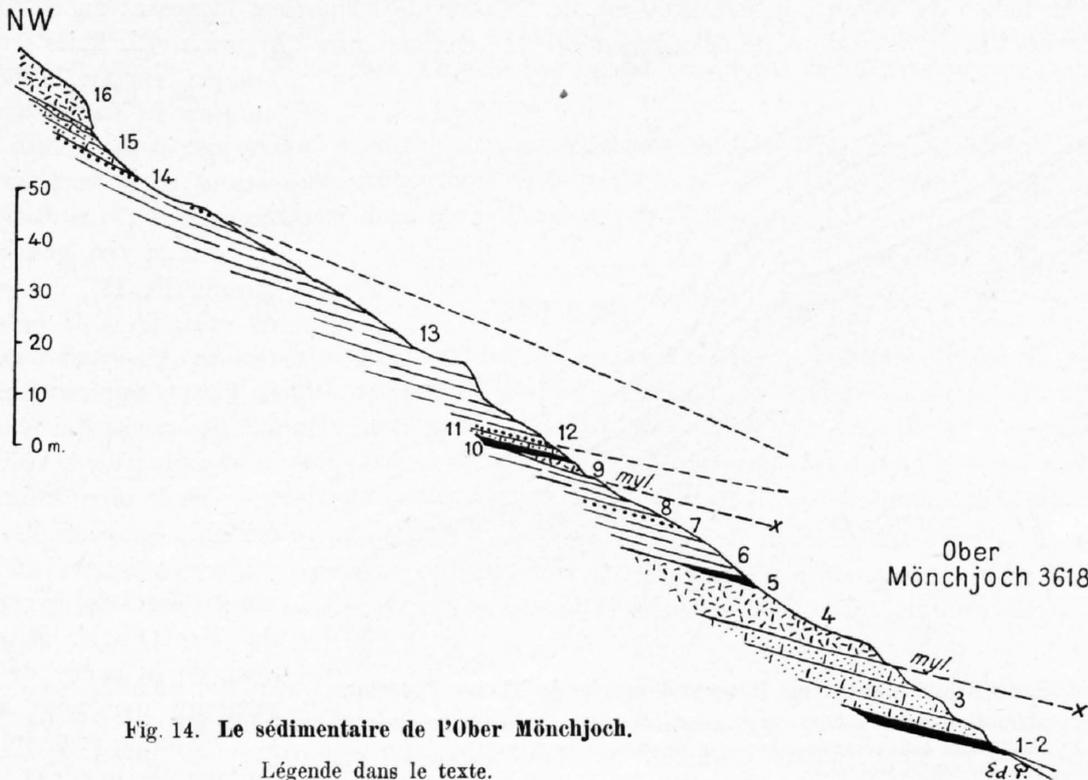


Fig. 14. Le sédimentaire de l'Ober Mönchjoch.
Légende dans le texte.

On reconnaît nettement dans cette succession trois séries mésozoïques séparées par deux lames de mylonites gneissiques. L'inférieure comprend du Trias, du Rhétien probablement et du Dogger (niveaux 1 à 3). La moyenne est formée de Trias, de Callovien et d'Argovien. Ce dernier est redoublé (niveaux 5 à 8). La supérieure comporte du Trias, du Dogger, du Callovien et de l'Argovien (niveaux 10 à 15). Elle est ployée en un synclinal à noyau argovien et dont le flanc supérieur appartient à la couverture renversée du cristallin du sommet du Mönch.

5. L'Inner Faflertal (Lötschental).

L'Inner Faflertal est le petit vallon, sans nom sur notre carte géologique, qui s'ouvre vers le S. à l'extrémité de l'Inner Talgletscher, soit à la base W. des Burstspitzen.

Dans les chapitres sur le Rottal et le Jungfraujoeh, nous avons signalé l'existence de **mylonites gneissiques** dans la bande supérieure de sédimentaire de la Jungfrau (p. 26, 33). Ces mylonites doivent provenir de l'étirement d'un coin cristallin entrant dans cette bande. Il était donc intéressant de suivre ce sédimentaire le plus loin possible vers le S. La découverte, en août 1921 (été très sec), de Malm appartenant à cet élément à l'extrémité de l'arête N.-E. du Tschingelhorn, à 400 m à l'W. de la Wetterlücke et de Trias reposant sur le cristallin de Gastern à la terminaison de l'arête E. du Tschingelhorn, nous engagea à reprendre l'étude détaillée de l'Inner Faflertal.

En remontant ce vallon, depuis Fafleralp, on ne tarde pas à remarquer que la piste qui conduit au Petersgrat, sur la rive droite du cours d'eau, suit une vire oblique due à des calcaires dolomitiques du Trias et à du Jurassique renversés et pincés entre des gneiss. En suivant le pied de l'abrupt de gneiss, vers le N., on arrive à une large bande de sédimentaire presque verticale qui ne tarde pas à se coucher vers le N. sur les porphyres de Gastern qui forment le soubassement de l'Inner Talgletscher. Cette deuxième bande de sédimentaire comprend du Trias renversé et étiré en grosses lentilles et du Jurassique. Nous voyons donc sur la rive droite deux bandes de sédimentaire séparées par des gneiss (pl. VIII, fig. 2).

En passant sur la rive gauche du torrent, nous retrouvons dans un monticule qui sort des éboulis au milieu du vallon (altitude 2200 m), du Trias et de l'Argovien, plongeant au N., continuation vers l'E. de la large bande de sédimentaire. Le contact entre l'Argovien et le Trias est tectonique, comme le montre

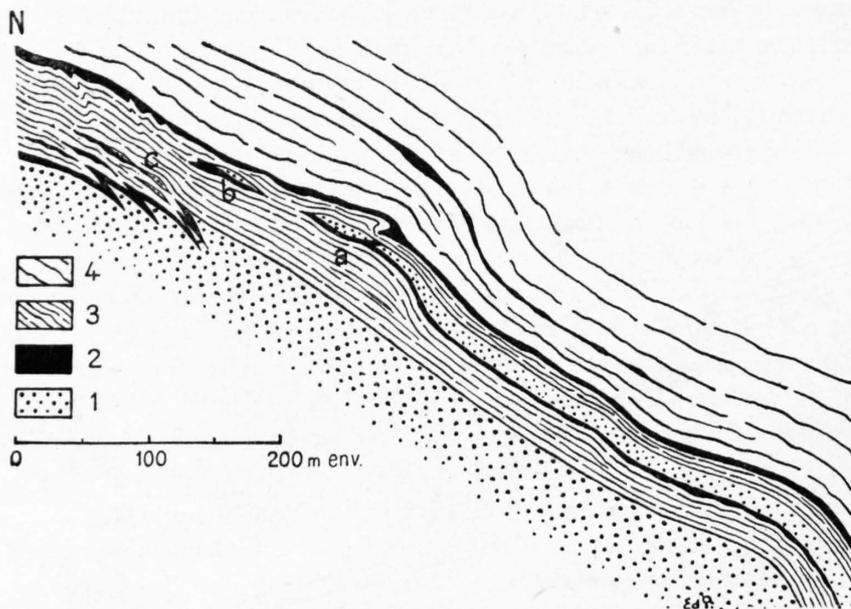


Fig. 15. Les coins cristallins sur le versant gauche de l'Inner Faflertal.

- 1: Cristallin de Gastern. 2: Trias. 3: Jurassique. 4: Paragneiss du Lötschental.
- a: Extrémité d'un coin cristallin rompue et en train de se détacher.
- b: Esquille cristalline Hbérée.
- c: Lames triasiques et mylonites cristallines arrachées au substratum de Gastern.

épaisse. En suivant la base des rochers vers le N., on voit sortir sous le cristallin: tout d'abord des quartzites, puis, sous ces derniers, des calcaires dolomitiques que l'on voit, plus haut, reposer sur des calcaires jurassiques intensément laminés. Le gneiss qui sépare ces deux bandes de sédimentaire se termine en coin cassé à son extrémité, à l'altitude de 2550 m et les deux bandes de sédimentaire se soudent. Un peu plus haut, on trouve au milieu de cette bande de sédimentaire unique une lentille de gneiss, avec du Trias renversé, qui a été arrachée à l'un des coins cristallins dont nous venons de parler. La bande de sédimentaire se suit vers le N., reposant sur le cristallin de Gastern, au bord S.-E. de l'Inner Talgletscher, à l'altitude de 2700 m. De là, elle passe sous le glacier, puis forme les affleurements dont nous avons parlé plus haut aux extrémités E. et N.-E. du Tschingelhorn.

La bande supérieure de sédimentaire de la Jungfrau qui affleure dans l'Inner Faflertal passe dans le Breithorn et réapparaît sous le Schmadrijoeh, pour de là se continuer sans interruption jusqu'à l'Ober Mönchjoeh. Cependant, dans la paroi S. du Breithorn, ce sédimentaire n'a pas l'allure que lui donne la carte géologique au 1 : 100 000^e, car on le voit, comme dans l'Inner Faflertal, se couder au S. à angle presque droit. Cette correction est indiquée dans notre carte.

Dernièrement, grâce à l'extraordinaire sécheresse de l'été 1928, COLLET et ROSIER ont découvert un nouveau coin cristallin chevauchant celui dont nous venons de parler. Une épaisse lentille

tonique, comme le montre un plan de chevauchement très net et une zone d'écrasement dans les schistes à *Equisetum*.

Sur la rive gauche du torrent (fig. 15), on trouve du cristallin à la base des rochers qui sortent des éboulis. C'est la continuation vers l'E. des gneiss qui séparent les deux bandes de sédimentaire de la rive droite. Ce cristallin supporte des calcaires jurassiques et du Trias renversé sous des paragneiss du Breithorn. Il s'agit donc de la bande de sédimentaire que nous avons trouvée sur la piste qui conduit au Petersgrat, mais ici elle est beaucoup plus

de calcaire dolomitique du Trias se trouve, en effet, dans le cristallin du Breithorn à l'altitude de 2480 m, à l'W. du point 3189 des Burstspitzen, sur la rive gauche de l'Inner Faflertal. Ce Trias jalonne un plan de chevauchement qu'on peut suivre vers le S., tandis que vers le N. il ne tarde pas à disparaître sous la moraine marquée sur notre carte. Vers le S., à l'altitude de 2440 m, on trouve sur le plan une lentille de deux mètres seulement d'épaisseur, formée de calcaire dolomitique du Trias et de Jurassique, renversés et intensément laminés. Aux altitudes de 2380 m et 2315 m, le sédimentaire est réduit à de courtes lentilles de quelques centimètres d'épaisseur. Puis le plan de chevauchement ne tarde pas à disparaître sous les éboulis.

Sur le versant droit de la vallée, malgré de patientes recherches, COLLET et ROSIER n'ont pas retrouvé l'équivalent des lentilles de sédimentaire dont il vient d'être question. Par contre, ils signalent un plan de chevauchement dans le cristallin au-dessus du sédimentaire sur lequel passe la piste qui conduit au Petersgrat. Ce plan correspond sans aucun doute au nouveau plan découvert sur la rive gauche.

Notre carte venait d'être publiée quand cette découverte a été faite, elle ne la porte donc pas. Par contre, nous en avons tenu compte dans notre profil 8, pl. X, ainsi que dans la fig. 15. Nous reviendrons sur ce fait nouveau dans notre chapitre sur la Tectonique.

Résumé.

La bande de sédimentaire qui, au fond du cirque du Rottal et dans sa paroi S., sépare le cristallin de Gastern du granite du sommet de la Jungfrau ou des paragneiss du Lötschental (sous le Grosshorn, le Schmadrijoch et le Breithorn), passe à la Wetterlücke et se termine dans l'Inner Faflertal. Elle contient dans ce vallon un coin de cristallin, dédoublé, dont une lentille de gneiss a été arrachée par le déferlement vers le N. d'éléments tectoniques supérieurs.

Un deuxième coin de cristallin chevauche le précédent. Il supporte des lentilles de sédimentaire appartenant au flanc renversé des paragneiss du Breithorn. Ce deuxième coin de cristallin a été découvert après l'impression de notre carte. Il est porté sur notre profil 8, pl. X et notre figure 15,

Nous examinerons plus tard, au chapitre sur la Tectonique, quelle relation peut être établie entre ces deux coins de cristallin et les mylonites gneissiques que nous avons signalées dans les coupes du Rottal et du Schwarz Mönch et que nous décrirons bientôt aussi au Lauterbrunnen-Wetterhorn.

6. Le Lauterbrunnen-Wetterhorn.

Le Glacier de l'Innertal et le Tschingelhorn.

Entre l'Innertal et le Tschingelhorn, deux pointements émergent du glacier et nous renseignent sur le sort de la bande sédimentaire vers le N. L'inférieur, qui a la forme d'un croissant, comporte surtout du Malm, mais l'été sec de 1928 a mis à jour du Trias au pied de l'escarpement, le Trias de la couverture du massif de Gastern. L'îlot rocheux supérieur montre à la base du Malm, prolongement de celui qui vient d'être signalé. Il est surmonté de Trias, couronné à son tour de cristallin, appartenant probablement à la série cristallophyllienne du Breithorn. C'est donc un lambeau du flanc renversé du pli couché du Breithorn ou d'une écaille inférieure de celui-ci, qui apparaît dans ce pointement. La bande sédimentaire de la Jungfrau qui surgit presque verticale dans le haut de l'Innertal se couche donc peu à peu vers le N.; elle est visible dans les deux affleurements précités où elle comprend du Jurassique supérieur, inclus entre un Trias normal et un Trias renversé. Il est très probable que le glacier peu incliné qui s'étend jusqu'au Tschingelhorn et au Breithorn s'est établi sur la zone tendre de la bande sédimentaire ou sur le dos même du massif de Gastern dont il a épousé la forme.

Dirigeons-nous maintenant vers l'extrémité de l'arête E. du Tschingelhorn. On y voit le cristallin de Gastern surmonté d'une lentille de quartzite triasique, puis de grès lités, calcifères, à patine capucin, broyés.

Ce Trias normal est tout ce qui reste de la bande sédimentaire, car le cristallin du Tschingelhorn repose sur ces formations. En un point même le Trias se pince complètement, permettant le contact direct des deux complexes cristallins, celui de Gastern et celui du Breithorn. La bande sédimentaire peut donc disparaître complètement par laminage. Mais ici le phénomène est de peu d'ampleur. Le sédimentaire reparait à 250 m plus loin et à l'W. de la Wetterlücke. L'arête N.-E. du Tschingelhorn se termine là en un bastion rocheux dans lequel on peut voir de bas en haut :

- | | |
|--|----------|
| 1° Gneiss de Gastern portant à sa partie supérieure la zone d'altération habituelle. | } Trias. |
| 2° Quartzites épais. | |
| 3° Schistes noirs du type des schistes à <i>Equisetum</i> . | |
| 4° Calcaires dolomitiques. | |
| 5° Malm plaqueté. | |

Les gneiss n° 1 paraissent se poursuivre dans le flanc N.-E. du Tschingelhorn où ils forment un îlot entouré de névé, et nous allons les retrouver sur l'arête voisine du Wetterhorn. Mais tout d'abord il convient d'étudier les bases de cette montagne.

Les bases du Lauterbrunnen-Wetterhorn.

Montons d'Obersteinberg à la Cabane du Mutthorn : après avoir suivi jusqu'à son extrémité supérieure la moraine latérale droite du glacier de Tschingel, puis la moraine médiane, on se trouve devant la paroi triangulaire qui termine au N. la Kanzel. A l'angle E. de cette muraille,

on peut observer la succession normale que voici ¹⁾ de bas en haut (fig. 16) :

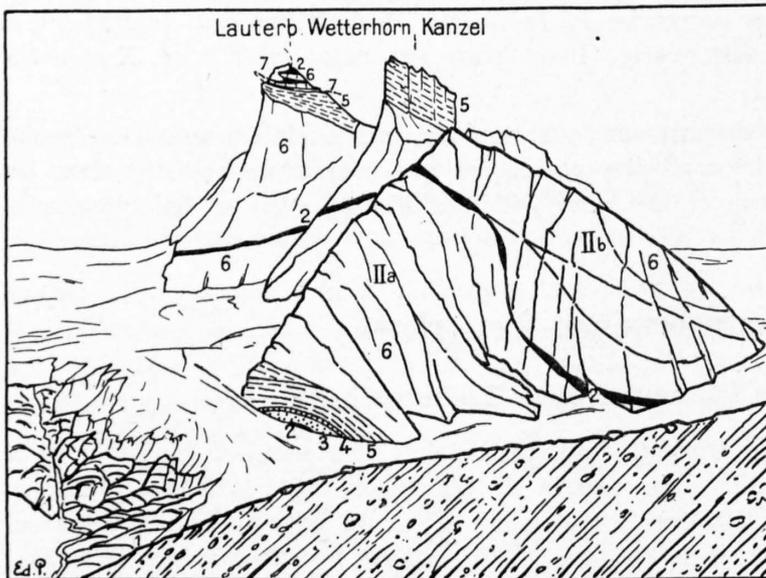


Fig. 16. Le Lauterbrunnen-Wetterhorn et la Kanzel vus du N.-E.

1 : Cristallin de Gastern. 2 : Trias. 3 : Dogger. 4 : Callovien. 5 : Argovien.
6 : Malm. 7 : Mylonites gneissiques. IIa—b : Ecailles autochtones.

- 1° Calcaires dolomitiques. Trias.
- 2° Calcaires échinodermiques grossiers. 10 m environ. Bajocien. La partie supérieure de ce niveau sur une épaisseur de 4 à 5 m est hématisée et revêt une teinte rouge.
- 3° Alternance de bancs de grès jaunes et de calcaire échinodermique. 3,50 m. Dogger sup. Voici le détail de cette formation :
 - a) Calcaire échinodermique à intercalations jaunes ;
 - b) grès ;
 - c) calcaire échinodermique ;
 - d) grès.

4° Oolithe ferrugineuse, bariolée de rouge et de vert. 0,20 à 0,30 m. Callovien (?).

A la base de ce niveau est une couche compacte d'oxyde de fer et de chamosite épaisse de quelques centimètres.

¹⁾ Coupe notée le 3 août 1921.

- 5° Argovien calcaire. 10 m (Schiltkalk).
- 6° Argovien schisteux. 20 m environ (Schiltschiefer).
- 7° Malm épais (Hochgebirgskalk).

Des plans de décollement sont visibles dans l'Argovien à peu de distance vers le S.-E.

Cette série qui affecte un léger bombement représente la couverture autochtone du massif de Gastern. Elle reparait en effet sur la rive opposée du glacier au Tschingelhorn où KREBS l'a décrite. C'est aussi l'équivalent de la série II *a* du Rottal.

Suivons maintenant la base de la paroi de Malm du S.-E. au N.-W. On ne tarde pas à rencontrer un plan de chevauchement marqué par un train de lentilles de calcaires triasiques pouvant atteindre 3 m d'épaisseur. Ce Trias est probablement l'homologue de la lame triasique de la Kalte Brunnen (profil du Rottal) qui sépare les séries II *a* et II *b*. Le plan de chevauchement flexueux est visible du haut en bas de la paroi triangulaire. Il est surmonté d'un second Malm représentant l'écaille II *b* du soubassement de la Jungfrau. Malgré les plans de rupture tangents aux inflexions de la lame triasique, ce Malm se montre ployé en un large synclinal avant qu'il n'atteigne le glacier. Les deux parois de Jurassique supérieur des éléments II *a* et II *b* tombent à pic sur la rive gauche du glacier du Breithorn. Le Trias intermédiaire monte rapidement vers le S.-W., dessine dans l'abrupt quelques ondulations et disparaît sous le glacier au pied N. du Tschingelhorn. Sur le Malm II *b* repose une série complexe d'éléments nouveaux observable le long de l'arête du Wetterhorn.

L'arête faîtière du Lauterbrunnen-Wetterhorn.

C'est le parcours de l'arête supérieure du Wetterhorn qui va nous donner la clé de la structure du petit massif, aussi gagnons depuis la Cabane du Mutthorn la dépression neigeuse située au N. du Tschingelhorn.

Notons tout d'abord que la crête du Wetterhorn est dirigée S.-S.-W.—N.-N.-E., tandis que les couches sont orientées approximativement S.-W.—N.-E. C'est par conséquent une coupe oblique montante que l'on traverse pendant le parcours de l'arête du S.-S.-W. au N.-N.-E. Dès que l'on débouche sur la ligne de faite, on est frappé par un spectacle géologique peu banal. Sur le Malm de l'écaille II *b* sont posés directement ou par l'intermédiaire d'un coussinet de quartzites ou de calcaires dolomitiques trois fragments isolés de gneiss de Gastern. Ces trois témoins alignés, posés en équilibre quasi instable au sommet de la paroi de Malm qui tombe sur le glacier du Breithorn, appartiennent au front d'un coin cristallin. La forme en bec d'aigle de la pointe terminale est bien visible dans les deux fragments septentrionaux. Les relations de ces témoins avec leur racine ne sont pas aisées à déterminer car les raccords sont masqués par les névés sur la face N.-E. du Tschingelhorn. Toutefois, le dernier affleurement de Malm II *b* paraît plonger sous le pointement cristallin isolé déjà signalé qui doit être le prolongement de l'élément Gastern visible à la Wetterlücke. Ce dernier serait alors le coin cristallin auquel appartiendraient les trois témoins de l'arête du Wetterhorn. Mais revenons à ceux-ci. La surface supérieure du cristallin qui les constitue présente toutes les caractéristiques de la zone d'altération permienne. Les quartzites triasiques en bancs puissants transgressent ensuite et sont surmontés à leur tour par les schistes noirs (faciès des schistes à *Equisetum*) et les calcaires dolomitiques très replissés du Trias supérieur.

Nous avons dépassé maintenant le sommet neigeux du Wetterhorn constitué par le Trias normal du coin cristallin. L'obliquité de la coupe du Wetterhorn fait que le coin cristallin passe dans le vide à partir du pointement le plus au N.; les éléments que nous allons rencontrer jusqu'au point 3143 sont ceux qui se trouvent devant le front de la lame cristalline; ils lui sont tectoniquement supérieurs en même temps. Une coupe oblique faite dans la dépression située entre le sommet neigeux et le point 3143 montre de bas en haut (fig. 17):

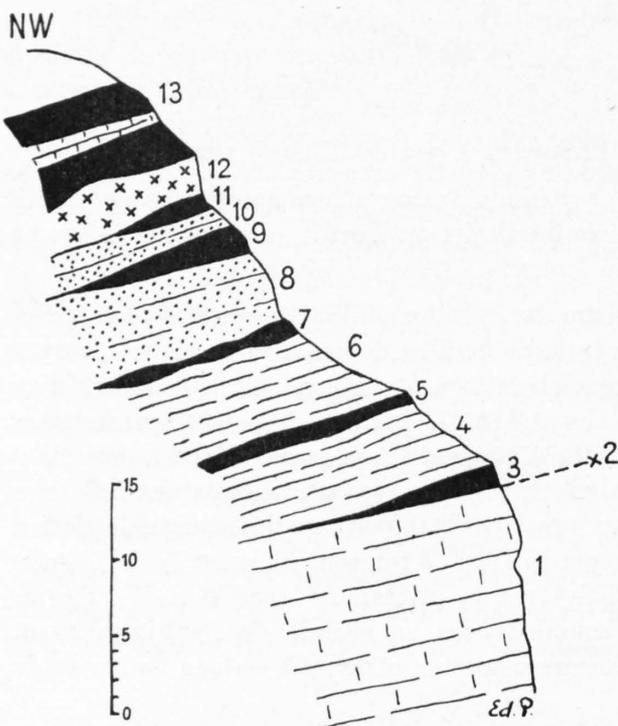


Fig. 17. Versant E.-S.-E. du Lauterbrunnen-Wetterhorn.
Légende dans le texte.

- 1° Malm de la série II b.
- 2° Plan de chevauchement, prolongement de celui qui passe à la base des témoins cristallins.
- 3° Calcaire dolomitique lenticulaire qui s'amincit et disparaît vers le N.-E.
- 4° Argovien schisteux, 5 m. Cet Argovien est peut-être en relation avec le Jurassique supérieur de la Wetterlücke.
- 5° Calcaire dolomitique avec intercalation d'Argovien.
- 6° Argovien schisteux, 6 m. Rapidement, les niveaux 4 et 6 se réunissent en un seul vers le N.-E.
- 7° Calcaire dolomitique en lentilles.
- 8° Calcaire échinodermique plaqueté, 4 à 5 m. Bajocien.
- 9° Calcaire dolomitique, 2,50 m.
- 10° Calcaire échinodermique plaqueté, 1,50 m. Bajocien. Les niveaux 8 et 10 fusionnent en un seul vers le N.-E.
- 11° Calcaire dolomitique, 1 m. Ce niveau se lamine complètement.
- 12° **Lame de gneiss mylonitisés**, 1 à 4 m.

13° Calcaire dolomitique du Trias (5 m) renfermant un synclinal pincé de Malm.

Ce complexe de lames et de replis de Trias, de Dogger et d'Argovien, schématiquement représenté dans la fig. 20, peut être envisagé comme appartenant à la couverture normale du coin de Gastern signalé plus haut et au flanc renversé d'un nouvel élément cristallin, la **mylonite gneissique**. Cette lame tectonique sort de la neige près de la crête et descend faiblement, en écharpe, sur le flanc S.-E. du Wetterhorn. Par places, elle se réduit en lentilles. Sous le sommet 3143, elle remonte en dessinant deux synclinaux emplis de Trias et de Malm. Ces deux derniers éléments doivent être attribués à la couverture normale replissée des mylonites. Voici d'ailleurs la coupe telle qu'on l'observe sous le point 3143 (fig. 18):

- 1° Argovien très froissé. Sa base se trouvant en pleine paroi, l'épaisseur n'a pu être mesurée exactement.
- 2° Calcaire échinodermique laminé, 1,50 m. Bajocien.
- 3° **Gneiss mylonitisés**, 1 m.
- 4° Malm écrasé en synclinal pincé, 1,50 m.
- 5° Calcaire dolomitique entourant une charnière anticlinale de la mylonite gneissique, 10 m.
- 6° Malm synclinal.
- 7° Quartzites triasiques renversés sous les
- 8° **Gneiss mylonitisés** qui reviennent en amorçant une boucle anticlinale supérieure. Ils forment le sommet 3143.

La carte au 25 000^e n'est pas suffisante pour représenter les détails structuraux observables sur la faite du Lauterbrunnen-Wetterhorn. L'esquisse au 5000^e environ (fig. 19) est destinée à combler cette lacune. Quant à la section (fig. 20) qui l'accompagne, elle groupe artificiellement les éléments tectoniques déjà décrits.

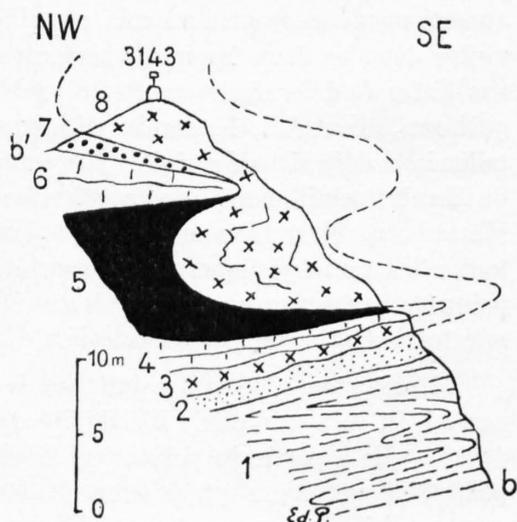


Fig. 18. Sommet du Lauterbrunnen-Wetterhorn.
Légende dans le texte.

La Kanzel et le versant W. du Wetterhorn.

Le versant N. du sommet 3143, la brèche de la Kanzel et la Kanzel elle-même sont taillés dans l'Argovien, inférieur aux mylonites et superposé au Malm II *b*.

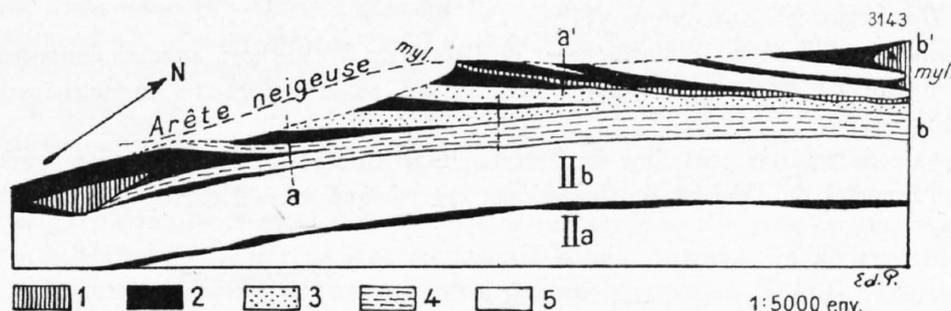


Fig. 19. Carte de l'arête S.-S.-W. du Lauterbrunnen-Wetterhorn.

1: Cristallin de Gastern. 2: Trias. 3: Dogger. 4: Argovien. 5: Malm.
myl.: mylonites gneissiques. IIa-b: Ecailles autochtones.

Le plan de chevauchement de l'Argovien sur le Malm II *b* descend rapidement vers le N.-W.

A partir de la brèche située entre la Kanzel et le Wetterhorn descendons vers le Tschingelfirn. Peu au-dessous de l'arête, on rencontre déjà le Malm massif II *b*.

Le chaînon du Wetterhorn-Kanzel se termine au N. par un promontoire élargi en un pentagone irrégulier. L'angle N.-E. de ce socle est occupé par la paroi triangulaire dont il a été question plus haut. A l'angle S. s'élève la Kanzel. Restent la région N. et l'angle W. L'immense talus semé d'éboulis et de névés qui, de la Kanzel, s'abaisse en gradins, est formé par le Malm II *b* que nous avons dit être ployé en un synclinal à grand rayon de courbure. L'axe de ce synclinal passe approximativement par l'angle W. du pentagone. C'est là, dans la concavité du pli, que l'érosion a ménagé des témoins de la lame de gneiss mylonitisés et de leur flanc renversé. L'Argovien épais du Wetterhorn et de la Kanzel n'existe plus ici; les petites Klippes sont posées à même le Malm. Deux de celles-ci sont particulièrement intéressantes. Le témoin le plus élevé en altitude montre de bas en haut:

- 1° Malm de l'élément II *b*.
- 2° Calcaire dolomitique triasique en lentille enrobée dans des
- 3° Calcaires échinodermiques bajociens.
- 4° **Gneiss mylonitisés** replissés.

Le témoin inférieur est ainsi constitué (pl. IX, fig. 5):

- 1° Malm de l'élément II *b*.
- 2° En contact mécanique sur ce Malm: Bajocien échinodermique très écrasé contenant un fragment involué de la lame de mylonites.
- 3° Calcaire dolomitique, en lentilles. Trias.
- 4° **Gneiss mylonitisés** épais.

Le substratum des mylonites, formé de Trias et de Dogger, est donc constitué comme celui du sommet du Wetterhorn.

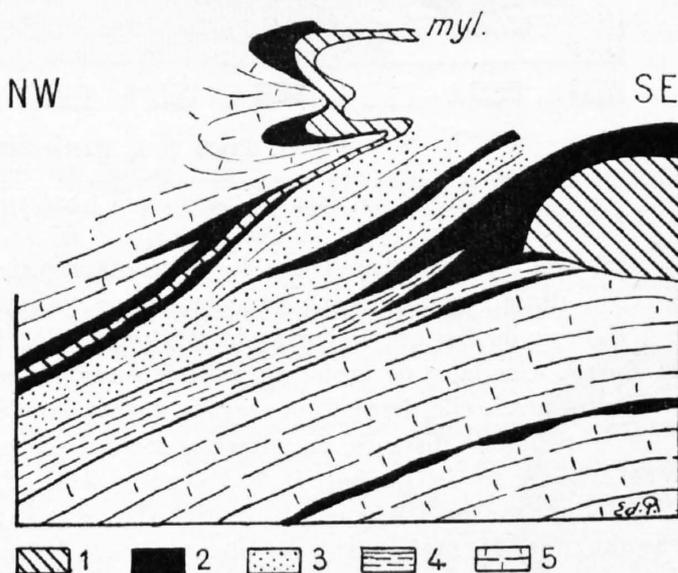


Fig. 20. Groupement schématique des éléments tectoniques visibles sur l'arête S.-S.-W. du Lauterbrunnen-Wetterhorn.

1: Cristallin de Gastern. 2: Trias. 3: Dogger. 4: Argovien. 5: Malm.

Résumé.

En résumé, le groupe Tschingelhorn-Wetterhorn se trouve constitué par la superposition des éléments suivants (fig. 21):

- 1° A la base, la couverture autochtone du massif de Gastern (II a).
- 2° Une écaille de cet Autochtone (II b).
- 3° Le coin cristallin de la Wetterlücke et de l'arête du Wetterhorn avec sa couverture normale.
- 4° Une lame de **gneiss mylonitisés** pourvue de sa couverture mésozoïque normale et renversée.
- 5° La masse de schistes cristallins du Tschingelhorn-Breithorn dont le flanc renversé, constitué dans l'Innertal de Trias et de Jurassique, est masqué ici, s'il existe, par le revêtement glaciaire.

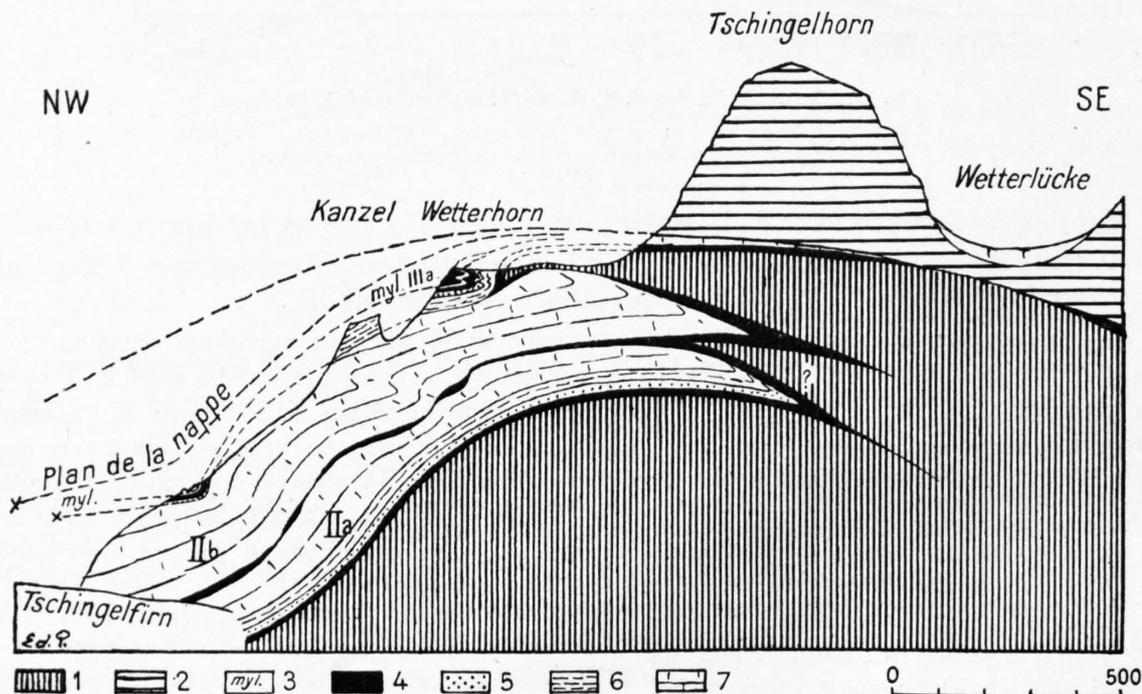


Fig. 21. Profil de la Wetterlücke au Tschingelfirn.

1: Cristallin de Gastern. 2: Paragneiss du Lötshental. 3: Mylonites gneissiques. 4: Trias. 5: Dogger.
6: Argovien. 7: Malm. IIa—b, IIIa: Ecailles autochtones.

Si l'on essaie de paralléliser les éléments supérieurs du Wetterhorn de Lauterbrunnen avec ceux du Rottal, on est amené aux homologues que voici:

Le coin de Gastern de l'arête du Wetterhorn doit être l'équivalent de celui qui porte la Cabane du Rottal. Une lame de gneiss mylonitisés surmonte cet élément dans les deux régions et, de part et d'autre aussi, elle descend en cascade devant la pointe rabattue du coin.

Si, malgré la distance, on admet ce raccord, la couverture normale des mylonites du Wetterhorn se rattacherait à l'écaille IIIa de la base de la Jungfrau.

La masse cristalline du Breithorn, du Tschingelhorn et du Mutthorn qui chevauche les formations précédentes est l'équivalent tectonique du granite de la Jungfrau.

7. L'Eiger.

Versant N.

Le versant N. de l'Eiger est entièrement entaillé dans le sédimentaire autochtone. Cette formidable paroi paraît, à distance, formée de la même roche de la base au sommet. Il n'y a là

rien d'étonnant, car nous y avons affaire à des formations qui ne peuvent être déterminées qu'au marteau. Il s'agit, en effet, du Malm, de l'Infravalanginien, du Sidérolithique, des Brèches de Mürren, des calcaires priaboniens qui, à l'exception du Sidérolithique, ont tous la même patine grise. Le Flysch, beaucoup plus sombre, ne se rencontre qu'à la bordure N. de notre carte. Une schistosité très accentuée dans toute la montagne pourrait faire croire, de prime abord, que l'Eiger est formé par un empilement de couches horizontales. Par un bon éclairage cependant, on distingue de la Grosse Scheidegg un synclinal au sommet de l'Eiger, des plissements se voient à distance dans la paroi S. du Klein Eiger, mais c'est surtout la paroi E. du Hörnli et du Wildschloss qui nous fait réaliser que l'Eiger est formé d'un empilement de plis.

Les meilleures coupes de l'Eiger se trouvent le long de son arête W., qui s'élève à partir de la station d'Eigergletscher vers le sommet après avoir formé le Rotstock, puis dans la montée d'Alpiglen à la Cabane du Mittellegi en passant le long du ravin du Krutwald. La coupe de la paroi du Mittellegi gagne à être complétée par une montée au Hörnli. L'inconvénient de ces coupes est qu'elles sont longues. Sans présenter de très grandes difficultés, elles peuvent être pénibles suivant l'état de la montagne, surtout dans les parties élevées. Voyons la coupe du :

Rotstock.

Les rochers qui sont en face du perron de la gare d'Eigergletscher, au bord de la voie, sont formés par la Brèche de Mürren. En suivant ces rochers vers l'W., on ne tarde pas à voir que des calcaires charbonneux recouvrent la Brèche de Mürren et semblent buter par faille contre les schistes noirs du Flysch. Mais c'est la schistosité très développée des calcaires charbonneux qui donne cette impression. En réalité, ces derniers sont verticaux et nous avons affaire à la charnière de l'anticlinal I (fig. 1, pl. IX), comme on peut facilement s'en rendre compte en suivant cette formation vers le N.-E. Là, sur le versant N.-W. du Rotstock, on voit nettement les Brèches de Mürren passer en tunnel sous les calcaires charbonneux. Ceux-ci sortent verticaux des éboulis et deviennent rapidement horizontaux. Près de la Rotstockschlucht, au pied même de la paroi du Rotstock, cette formation devient beaucoup plus charbonneuse et forme une vire noire. Sur le versant S.-E. les calcaires charbonneux se voient à l'entrée du tunnel du chemin de fer, où vers le bas ils passent insensiblement aux Brèches de Mürren, tandis qu'à quelques mètres à l'intérieur du tunnel les couches deviennent beaucoup plus charbonneuses. En se dirigeant vers la droite du tunnel, on arrive à une première carrière inférieure où l'on observe que les couches à charbon du tunnel sont surmontées par un complexe écrasé de la même formation. Les Brèches de Mürren reparaissent au-dessus de la carrière. Si nous les suivons sur le versant N.-W., nous les voyons se terminer en biseau sur la vire noire qui, près de la Rotstockschlucht, supporte des calcaires infravalanginiens. Ces calcaires forment, vers le S.-W., la partie supérieure du premier ressaut de l'arête. Nous les retrouvons à la carrière supérieure, sur le versant S.-E., où des grès sidérolithiques s'intercalent entre eux et la Brèche de Mürren sous-jacente. Ces calcaires infravalanginiens, très typiques à l'entrée de la fenêtre du tunnel du chemin de fer située à la partie supérieure de la carrière, forment le noyau de l'anticlinal II.

Un plan de contact mécanique, avec des roches écrasées, forme vire au-dessus des calcaires infravalanginiens. En suivant ce replat vers l'arête, on note sur le plan un complexe de calcaires schisteux (Brèche de Mürren) replissés par places avec des grès sidérolithiques, puis des calcaires charbonneux écrasés, à patine brunâtre qui, sur l'arête, supportent des schistes noirs du Flysch. Il s'agit donc de la partie supérieure de la série normale de l'anticlinal II qui a été écrasée. Elle supporte un anticlinal couché de Brèches de Mürren avec noyau de calcaires infravalanginiens. Cet anticlinal III forme le petit ressaut divisant l'arête en deux replats et supporte, à la base de la grande tour du Rotstock, un deuxième Flysch en synclinal dans les Brèches de Mürren.

Avant de terminer la coupe du Rotstock, passons sur le versant N.-W. pour examiner l'éperon qui borde la Rotstockschlucht au N.-E. (pl. IX, fig. 2). Il y a là une interpénétration de Flysch et de calcaires charbonneux qui indique un front de pli. L'élément I a disparu sous les

éboulis, il ne peut donc s'agir que du front de l'anticlinal II. Nous avons, en effet, noté sur l'autre versant que la série nummulitique normale de cet anticlinal, très écrasée, était réduite à peu de chose. Il paraît y avoir eu, au contraire, accumulation de matière dans la charnière frontale, d'où cette forte épaisseur des calcaires charbonneux et de la Brèche de Mürren. Cette dernière dessine une tête plongeante dans le synclinal sous-jacent de calcaires charbonneux.

Terminons maintenant la coupe du Rotstock, à partir du Flysch de la base de la grande tour. Les Brèches de Mürren forment la paroi marquée par un retrait dans le profil de la tour (pl. IX, fig. 1). Cette formation contient l'anticlinal IV, comme le montre un noyau de Sidérolithique et un synclinal. Ce dernier supporte l'anticlinal V de calcaires infravalanginiens, formant surplomb. La partie supérieure de la tour est en Brèches de Mürren, en synclinal. Au sommet de la tour du Sidérolithique, qui se continue dans la paroi à notre droite, indique l'anticlinal VI, supportant un synclinal de Brèche de Mürren auquel fait suite l'anticlinal VII du sommet, formé par des calcaires infravalanginiens.

Résumé.

La coupe du Rotstock, très oblique, montre l'existence de VII anticlinaux sur une hauteur de 350 m environ (pl. IX, fig. 1). Les calcaires charbonneux sont très développés sur le front de l'anticlinal II, sur la crête de la Rotstockschlucht (pl. IX, fig. 2) où le Flysch pénètre entre leurs digitations.

L'arête Ouest de l'Eiger.

Le sommet du Rotstock est formé d'un chapeau d'Infravalanginien appartenant au pli VII. Au delà, en suivant la voie d'ascension habituelle de l'Eiger, on rencontre 4 séries anticlinales d'Infravalanginien superposées et séparées par trois niveaux sidérolithiques à signification synclinale. Cet Infravalanginien forme les gradins de grand style qui caractérisent la base du versant E. de l'Eiger. La partie moyenne de la montagne est donc constituée par des plis en cascade qui continuent ceux que nous signalerons dans le Hörnli. La station Eigerwand, à l'altitude de 2867 m, est elle-même creusée dans le calcaire gris clair marmorisé de l'Infravalanginien. Nous avons effectué la descente de l'Eiger sur Eigergletscher en août 1921. A cette époque, nous n'avions pas encore séparé les faciès de l'Infravalanginien et de la Brèche de Mürren écrasée. Il est donc possible que le Nummulitique prenne part aux replis de l'Eiger dans cette région.

Entre le dernier banc d'Infravalanginien, à l'altitude de 3200 m environ, et le sommet (3974 m) on ne rencontre que du Malm, d'abord replissé en cascade, puis, au point culminant, relevé fortement en grandes dalles qui épousent à distance le front arrondi du cristallin de l'Eigerjoch.

L'Eigerjoch et l'arête Sud de l'Eiger.

Entre les deux cols qui portent le nom d'Eigerjoch, l'arête est formée d'orthogneiss massifs. Ils reposent sur le Jurassique ployé en un synclinal dont les charnières emboîtées sont visibles dans les pentes qui dominent le point 3307 et la station Eismeer du chemin de fer de la Jungfrau.

Au Col N. (3619), le contact du cristallin avec son flanc renversé de calcaires jurassiques se relève et l'on peut voir le détail suivant du N. au S.:

- 1° Cristallin du Mönch redressé jusqu'à la verticale et montrant les traces de l'altération permienne.
- 2° Calcaires échinodermiques; Bajocien.
- 3° Argovien inférieur compact peu épais.
- 4° Calcaires schisteux de l'Argovien supérieur.
- 5° Malm formant la partie haute de l'arête S. et le sommet de l'Eiger (3974 m).

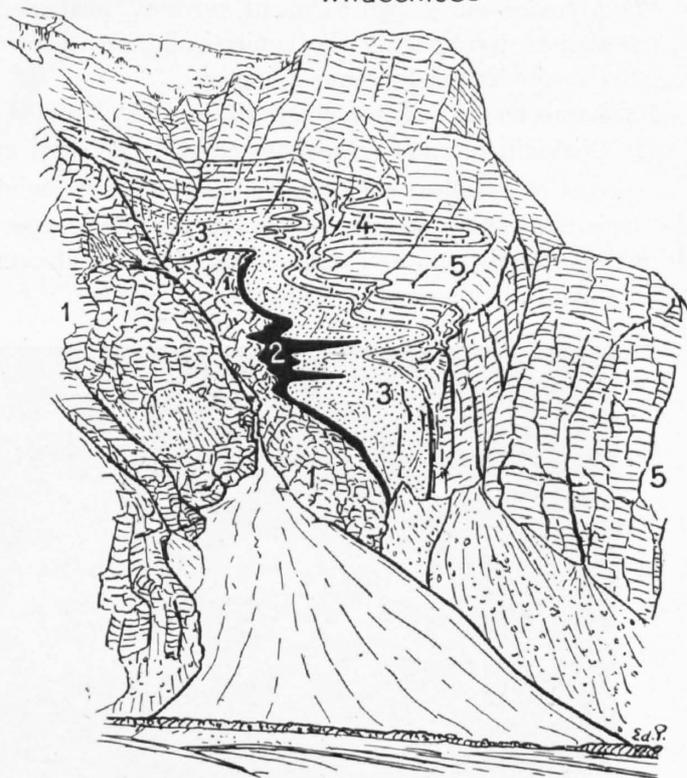
Toutes ces formations sont fortement relevées et viennent s'engager dans le synclinal inférieur au cristallin de l'Eigerjoch.

Montée de la Bäregg à la Cabane du Bergli.

En traversant le glacier pour prendre, sur la rive gauche, le sentier du Kalli à l'Eigerhöhle, jetons un coup d'œil sur la paroi S.-E. du Wildschloss (fig. 22). La surface du soubassement cristallin descend rapidement vers le N.-W. Le ravin du Dennlerlauenen s'est creusé au contact entre cristallin et sédimentaire, le long du Trias. Les accidents de la couverture triasique et du Jurassique moyen s'exagèrent fortement dans la paroi du Wildschloss grâce à l'extrême obliquité de l'intersection. La surface cristalline ondule plusieurs fois. Ce mouvement s'est traduit par de nombreux replis dans le Trias et les calcaires échinodermiques du Dogger. Mais ces accidents se réduisent en nombre et s'amortissent dans l'Argovien où l'on ne voit plus que deux gros replis anticlinaux digités.

Le sentier du Kalli nous conduit au voisinage de l'Eigerhöhle. Un peu avant d'atteindre la «place du déjeuner», dans la petite arête qui sort du glacier au point 2528, on observe deux synclinaux de Mésozoïque pincés entre trois coins ou

Wildschloss



Glacier inférieur de Grindelwald.

Fig. 22. Le Wildschloss vu de l'Est.

1: Cristallin de Gastern. 2: Trias. 3: Dogger. 4: Argovien. 5: Malm.

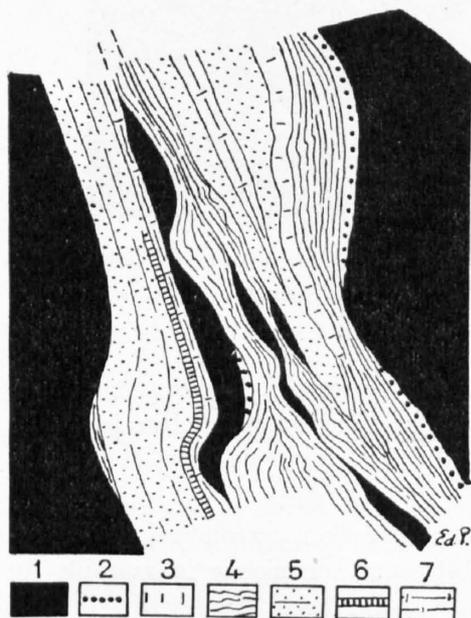


Fig. 23. Le synclinal complexe du Kalli.

1: Cristallin de Gastern et mylonites gneissiques.
2: Quartzites
3: Calcaires dolomitiques } Trias.
4: Schistes argileux noirs }
5: Dogger. 6: Oolithe ferrugineuse (Callovien).
7: Argovien.

plis cristallins déjetés vers le N.-W. L'étagement de ces synclinaux indique que la surface du cristallin de base culmine aux environs de l'Eigerhöhle et redescend ensuite vers le Grindelwald-Fiescherfirn. Ces complications de structure laissent déjà entrevoir la violence de la poussée tangentielle qui s'est faite ici. Mais gagnons le pied de la falaise du Kalliband, au-dessus de la place du déjeuner.

Le plus externe et le plus élevé des 3 éléments cristallins mentionnés a été poussé sur un 3^e synclinal complexe qui mérite une description plus détaillée. On observe de l'E. à l'W. (fig. 23):

- 1° Le flanc renversé du 3^e coin cristallin montrant la zone d'altération permienne.
- 2° Quartzites du Trias.
- 3° Schistes argilo-gréseux noirs (faciès des schistes à Equisetum du Trias supérieur).
- 4° Calcaires dolomitiques. Trias.
- 5° Synclinal pincé de calcaires échinodermiques du Dogger enfermant un noyau d'Argovien.
- 6° **Essaim d'esquilles cristallines** noyées dans les schistes noirs triasiques. Nous avons compté 6 de ces len-

tilles de gneiss, plus ou moins tourmentées alignées en 2 ou 3 trains. La plus volumineuse porte un lambeau normal de quartzites du Trias.

7° Argovien sur lequel viennent reposer directement les deux lentilles externes de mylonites.

8° Oolithe ferrugineuse (Bathonien-Callovien) discontinue et réduite à quelques centimètres.

9° Calcaire échinodermique (Dogger).

10° Lambeau de schistes noirs triasiques.

11° Cristallin formant le soubassement de la paroi calcaire du Kalliband.

Dans ce synclinal complexe on peut donc reconnaître: *a)* le flanc renversé du plus occidental des trois éléments cristallins; *b)* un synclinal de Dogger et d'Argovien; *c)* une lame triasique lardée de mylonites cristallines, jouant le rôle d'anticlinal complexe; *d)* le flanc normal de l'élément cristallin suivant. Voyons en quoi ce dernier consiste.



Photo L. W. Collet.

Fig. 24. Pli dans le cristallin de Gastern au-dessus de la „place du déjeuner“. Kalli.

T: Trias. G: Cristallin de Gastern.

Ce quatrième élément est un véritable pli dont on peut suivre vers l'E. le dos arrondi partiellement dégarni de Trias. Il se raccorde par une charnière synclinale bien marquée dans les gneiss avec le cristallin plus externe. Le noyau sédimentaire de ce synclinal est formé de Trias et en particulier de schistes noirs (fig. 24).

Maintenant, pour nous rendre compte des extraordinaires complications tectoniques de la couverture sédimentaire et de leurs relations avec celles du substratum, examinons la muraille du Kalliband au-dessus du point 2702.

La coupe suivante a été faite de bas en haut (fig. 25):

1° Gneiss dont la surface supérieure a été rubéfiée et ravinée (zone d'altération permienne).

2° Quartzites du Trias pouvant atteindre 0,65 m et plus.

3° Plan de décollement sur lequel reposent successivement, si l'on se déplace de l'W. à l'E., les schistes argileux noirs du Trias, surmontés d'une lentille de calcaire dolomitique, puis les

- 4° Calcaires échinodermiques du Dogger renfermant très peu de fragments de calcaires triasiques; 1,40 m.
- 5° Oolithe ferrugineuse. Callovien pars; 0,50 m.
- 6° Calcaires argoviens; 1,70 m.
- 7° Schistes argileux noirs du Trias; 0,12 m.
- 8° Calcaire échinodermique très laminé en gros bancs alternant avec des lits plus schisteux. Dogger; 4 m.
- 9° Oolithe ferrugineuse. Callovien pars; 0,60 m.
- 10° Argovien très écrasé. 0 à 0,80 m.
- 11° Calcaire échinodermique. Dogger; 5 m.
- 12° Oolithe ferrugineuse. Callovien pars; 0 à 0,15 m.
- 13° Argovien. 2 m.
- 14° Pellicules triasiques (?).
- 15° Lentille de **gneiss mylonitisés**; 1 m.
- 16° Schistes argileux noirs triasiques écrasés avec lits de calcaires dolomitiques au sommet; 0,50 m.
- 17° Calcaires échinodermiques. Dogger; 1,50 m.
- 18° Oolithe ferrugineuse en lentilles. Callovien pars; 0 à 0,60 m.
- 19° Argovien calcaire pseudo-conglomératique, épais de 0,30 m, dans lequel vient s'insérer une lentille de schistes noirs triasiques.
- 20° Calcaire échinodermique du Dogger; 0,80 m. Les niveaux 17 et 20 se réunissent vers l'W.
- 21° Oolithe ferrugineuse s'amincissant vers l'W. Callovien pars; 0 à 0,15 m.
- 22° Argovien renfermant des lentilles de calcaire dolomitique épaisses de 0 à 0,50 m; 2 m.
- 23° Plan de charriage marqué par un **second train de mylonites gneissiques** en lentilles pouvant atteindre 0,80 m d'épaisseur.
- 24° Argovien schisteux très épais formant le sommet de la paroi et supportant le Kallifirn.

En résumé, ce complexe est formé par l'empilement de 6 séries normales. La série I (nos 1 à 6) est en place sur le cristallin. Les séries II (7 à 10) et III (11 à 13) représentent une duplication de la couverture normale du quatrième pli cristallin. Les mylonites nos 15 et 23 sont probablement en relation avec celles du synclinal complexe. Le Mésozoïque qui les accompagne (séries IV et V) en est de même issu. Les niveaux 15 à 19 puis 20 à 22 appartiennent respectivement à ces deux dernières séries. La série VI se marque dans les nos 23 et 24. L'Argovien du sommet (24) est celui qui se pince dans le synclinal complexe (voir la description de ce dernier; détail n° 5); il enveloppe ensuite à distance le coin n° 3.

La plus grande partie du Kalliband est formée d'Argovien. Une lame de calcaire échinodermique bajocien s'y insère qu'on peut suivre jusqu'aux abords du point 2966.

On traverse ce même Argovien en montant du Kallifirn à la Cabane du Mittellegi. Il occupe la partie médiane de l'arête faîtière entre l'Eiger et le Hörnli. Au S. du point 3162, l'Argovien dessine dans le flanc S.-E. de la montagne deux charnières anticlinales bien arrondies, enserrant un synclinal pincé de Malm; mais ce ne sont là que des digitations d'un seul gros pli.

Les îlots rocheux portant les points 2852 et 2824 sont dominés par des séracs qui rendent leur abord dangereux. Vus à distance, ils paraissent toutefois entièrement cristallins. Mais de la Cabane du Bergli, construite sur un îlot gneissique également, nous allons faire de précieuses observations.

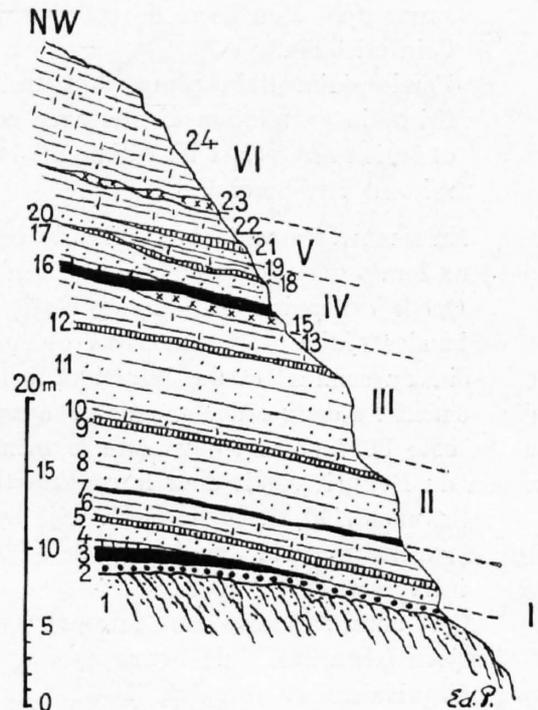


Fig. 25. La paroi dominant la „place du déjeuner“. Kalli.

Légende dans le texte.

Les coins cristallins de l'Unter Mönchjoch.

Exactement au N. de l'Unter Mönchjoch (3560 m) est une sombre muraille dominée par la tranche du glacier. Les séracs, volumineux et instables, tiennent à distance le géologue le plus zélé mais, de la galerie du refuge déjà, l'examen à la jumelle est suffisamment instructif. D'en bas à droite vers la gauche et en haut on voit (pl. IX, fig. 6):

- 1° Soubassement cristallin qui, probablement, fait corps avec celui sur lequel la cabane est construite.
- 2° Bande de calcaires jurassiques renfermant une lentille triasique.
- 3° Coin cristallin.
- 4° Bande sédimentaire où l'on distingue des lentilles de Trias (au moins 3) en un seul train, surmontées d'un liseré de calcaires jurassiques.
- 5° Coin cristallin.
- 6° Bande sédimentaire comportant du Trias susmonté de Jurassique supérieur.
- 7° Cristallin en relation directe avec celui du Walcherhorn. Les bandes 4 et 6 convergent et fusionnent vers l'W. délimitant la pointe de l'élément n° 5. Les séries sédimentaires paraissent être normales.

En somme, les contacts visibles du refuge démontrent l'existence, sous l'Unter Mönchjoch, de deux lames gneissiques au moins, pincées entre le cristallin du Bergli et celui du Walcherhorn.

Quelle est maintenant l'interprétation à donner au sédimentaire de l'Unter Mönchjoch? Les trois bandes sédimentaires montent obliquement dans la direction du point 3630 qui porte du cristallin au sommet et du Jurassique à la base. La solution la plus simple serait de raccorder directement les deux affleurements. D'autre part, le sédimentaire du point 3630 réapparaît autour de la cote 3687 et se trouve être le même que celui de l'Ober Mönchjoch. Le sédimentaire, voisin du Bergli, serait donc la continuation de la bande sédimentaire supérieure de la Jungfrau.

SCABELL (110, p. 60) raccorde déjà les calcaires pincés sous le Klein Schreckhorn avec la bande supérieure de la Jungfrau et de l'Ober Mönchjoch. Nos observations confirment, on le voit, cette interprétation.

Ceci admis, il nous faut retrouver, entre la masse cristalline du sommet du Mönch et de l'Eigerjoch (élément IV de SCABELL) d'une part et le cristallin du Kalli (I de SCABELL) d'autre part, l'équivalent du complexe II—III du Mettenberg. Nous reviendrons à loisir sur ce sujet dans le chapitre de tectonique, mais disons déjà que les pointements cotés 2852 et 2824 ainsi que le rocher du Bergli doivent appartenir à un élément cristallin qui prolonge au S.-W. celui du Mettenberg.

Résumé.

Pour conclure, la montée du glacier inférieur de Grindelwald à la Cabane du Bergli a permis de retrouver et d'homologuer les éléments tectoniques suivants:

- a) le cristallin de base du Kalli, homologue de l'élément I de SCABELL;
- b) un pli gneissique intermédiaire, celui du Bergli (II et III du même auteur);
- c) l'élément du sommet de la Jungfrau (IV de SCABELL).

Les deux contacts entre ces trois unités sont le siège de violentes dislocations dans le cristallin et de duplications dans la couverture sédimentaire.

8. Le Hörnli.

La rive gauche de la Lütschine et du glacier inférieur de Grindelwald.

Le sentier qui, de l'entrée de la gorge, s'élève dans la direction du point 1250 permet de se faire une idée de la structure de la base du Hörnli.

On note en montant:

1° *Infravalanginien* (Öhrlikalk) dans lequel la partie inférieure de la gorge est entaillée. MÖSCH (58, p. 197) a recueilli sur la rive droite quelques fossiles, parmi lesquels *Diceras Lucii* qui, au Sa-lève, caractérise la zone inférieure de l'*Infravalanginien*.

2° La surface supérieure de ce Crétacé est profondément altérée et imprégnée d'oxydes de fer. Elle forme un petit plateau où l'on voit le *Sidérolithique éocène* reposer sur l'Öhrlikalk. Ce sont des grès ferrugineux, des quartzites et des argilites vertes, qui ont subi un laminage violent. Ils ont été arrachés souvent et entraînés à l'état de lentilles.

3° Ces perturbations sont dues à un *pli couché d'Infravalanginien* qui chevauche le *Sidérolithique*. Premier anticlinal.

4° On atteint le flanc normal de cet élément sur un nouveau palier où il se marque encore par un lambeau de *Sidérolithique*.

5° *Second anticlinal d'Infravalanginien*. La charnière frontale en est visible dans la paroi qu'il détermine au-dessus de Rotefluh.

6° *Sidérolithique*.

7° *Troisième anticlinal d'Infravalanginien*. Le *Malm* est visible au cœur de ce pli au S. du point 1428, tandis que son flanc normal est recouvert par la *Brèche de Mürren*. Cette dernière occupe encore le point 1739 et le Sattel.

De la Bäregg, avec un bon éclairage, on peut voir sur la paroi E. du Hörnli une série de plis en cascade qui intéressent le Jurassique supérieur, l'*Infravalanginien* et la *Brèche de Mürren* (Éocène). Ces plis viennent se raccorder avec ceux de la rive gauche du glacier inférieur de Grindelwald et que nous venons de décrire. Au pied du Schlosslauenen, le *Malm* présente de nombreux replis oblitérés par la schistosité (fig. 26).

Le versant N.-W. du Hörnli étant plus accessible que les parois orientales, nous allons reprendre l'étude des replis de l'Eiger le long du Schüssellauenen et sur l'arête faîtière.



Fig. 26. Plissements dans le *Malm* de la base du Wildschloss. Vue prise de la Bäregg.

Les écailles parautochtones du Schüssellauenen.

A la partie inférieure de ce ravin existe un témoin de la Nappe de Morcles-Doldenhorn. C. LOUIS (106) y a signalé trois écailles parautochtones superposées, constituées de Crétacé (*Infravalanginien*, *Valanginien*, *Hauterivien*) et de Tertiaire. Examinons à notre tour, de bas en haut, la coupe de cet intéressant ravin.

1° Cône de déjections du torrent.

2° *Infravalanginien* (Öhrlikalk) imprégné d'oxyde de fer; 4 m.

3° Passage brusque, sans intercalation de *Sidérolithique*, à la *Brèche de Mürren* litée et patinée de rouge; 5 m environ. Cette transgression priabonienne est très nette.

4° Plan de chevauchement d'une première écaille parautochtone débutant par de l'*Infravalanginien* très broyé à la base; 2 m. N. 54° E., 26° S.-E.

5° *Sidérolithique* d'âge valanginien s. l.

6° *Valanginien* représenté par des calcaires échinodermiques.

7° Calcaires durs, esquilleux et calcaires gréseux. *Hauterivien*. Ce niveau résistant détermine une petite paroi que le torrent franchit en cascade et qui monte obliquement vers le S.-E.

8° *Infravalanginien*, réapparition probable du niveau 4.

9° Au-dessus du sentier qui va du glacier à Trichelegg, se présentent les calcaires échinodermiques (*Valanginien*) d'une nouvelle écaille.

10° *Infravalanginien*, se chargeant vers le haut de pellicules sidérolithiques vertes. 6 m.

11° Alternance de bancs de calcaire échinodermique et de bancs calcaires gris clair marmorisés criblés d'inclusions sidérolithiques. Ce complexe se termine par un banc échinodermique. 10 m environ. *Valanginien*.

12° Sous ce *Valanginien* se rencontrent des calcaires dolomitiques à patine jaune que nous hésitons à dater. Des calcaires tout à fait semblables sont associés aux calcaires nummulitiques près d'Alpiglen, au-dessus du sentier de Bonern. Ils sont associés aussi aux marbres de Grindelwald. En coupe mince (coupe 948, p. 18), nous avons pu déceler la présence de charbon dans cette roche. A défaut d'autre critère, nous considérons ce niveau 12 comme nummulitique et comme autochtone et le figurons comme tel sur la carte géologique.

13° Au-dessous, l'*Infravalanginien* autochtone est chargé de pellicules sidérolithiques vertes sur une épaisseur de 6 m environ, puis le faciès habituel se rétablit. Cet *Infravalanginien* replissé en cascade forme le lit abrupt du torrent jusque vers 1500 m d'altitude.

En résumé, la partie inférieure du Schüssellauenen montre, ainsi que C. LOUIS l'a établi, trois écailles parautochtones superposées et ployées en un large synclinal. En effet, les couches plongent de 26° au S.-E. au bas du ravin, de 40° au N.-W. plus haut pour augmenter jusqu'à 60° et 70° à l'altitude de 1200 m. L'élément le plus élevé tectoniquement comprend les niveaux 4, 5, 6, 7 et 8. L'écaille intermédiaire, comprenant 9 et 10, se pince vers le bas sous la précédente. La plus profonde est la plus amincie; elle semble limitée au *Valanginien* n° 11 et doit s'effiler complètement comme la précédente sur le plan de charriage intermédiaire entre 3 et 4.

Nous avons quelque difficulté à trouver la superposition du calcaire nummulitique et du Flysch de Trichelegg sur les écailles du Schüssellauenen qui est affirmée par C. LOUIS (106, p. 31). En remontant les divers ravins qui convergent à Trichelegg, on peut voir partout le Flysch reposer sur les calcaires charbonneux priaboniens autochtones sans intermédiaire de parautochtone. Il y a bien, au N. de Rinderalp, une esquille de calcaire nummulitique enrobée dans le Flysch, mais le voisinage immédiat des calcaires priaboniens autochtones et la violence des phénomènes tectoniques dont ils ont été le siège nous empêchent de donner à ce lambeau une origine lointaine. Le Flysch du versant N.-W. du Hörnli, jusqu'à plus ample informé, est autochtone. Il s'est trouvé complètement laminé sous les écailles du Schüssellauenen.

La paroi Nord et l'arête faîtière du Hörnli.

Dans le ravin de Schüssellauenen, au-dessus de l'affleurement de parautochtone, on retrouve l'*Infravalanginien* anticlinal du pli de Bonern (n° 3). Plus à l'W., on le voit enveloppé par la Brèche de Mürren et les calcaires charbonneux priaboniens. Le chalet situé à 1365 m environ, à l'E. de G de Geidelb, est construit sur l'*Infravalanginien* marmorisé du flanc renversé de ce pli. Immédiatement au-dessous, dans le soubassement rocheux de l'alpage, on atteint, en effet, le Nummulitique.

La trace de ce pli n° 3 se marque, entre Rinderalp et Alpiglen, par une boutonnière de Sidérolithique. Ce sont des grès verdâtres phosphatés à nodules, épais de 5 à 7 m et recouverts par la Brèche de Mürren et les calcaires charbonneux replissés. Le niveau n° 5 de la coupe du Krutwaldbach correspond à cet anticlinal. Le synclinal qui succède vers le haut est jalonné par les deux témoins de Flysch du chemin de Bonern, celui de la rive gauche du Krutwaldbach et une zone de calcaires charbonneux qu'on suit jusqu'à Hubeln.

L'anticlinal n° 4, visible d'abord dans la Brèche de Mürren, au-dessus des témoins de Bonern, s'élargit et laisse apparaître, au S.-E. de Rinderalp, une large zone d'*Infravalanginien* qui se restreint et disparaît sous les éboulis à l'E. de Hubeln. Un synclinal complexe de Brèche de Mürren forme, au-dessus, le dernier talus au pied des parois de l'Eiger. Il renferme des calcaires charbon-

neux dans le haut du Geidelbach et se complique de replis nombreux, érodés parfois jusqu'à l'Infravalanginien dans le lit des ravins. Ces replis du synclinal complexe sont les homologues de ceux du Rotstock.

L'escalade de la paroi N. du Hörnli à partir d'un point de la vire supérieure situé au N. de H de Hörnli dans la direction du point 2929 montre les détails structuraux suivants:

- a) Brèche de Mürren; flanc renversé du synclinal complexe;
- b) à 2220 m d'altitude prise au baromètre; Sidérolithique;
- c) Infravalanginien formant l'anticlinal n° 5;
- d) 2460 m. Brèche de Mürren en synclinal ¹⁾);
- e) 2500 m. Infravalanginien;
- f) 2570 m. Malm. Anticlinal n° 6;
- g) 2610 m. Infravalanginien en synclinal;
- h) 2645 m. Couches de passage du Malm à l'Infravalanginien représentées par des calcaires dolomitiques;
- i) Malm. Anticlinal n° 7;
- j) 2665 m. Infravalanginien synclinal;
- k) 2705 m. Couches de passage du Malm à l'Infravalanginien: calcaires dolomitiques;
- l) Malm. Anticlinal n° 8.

L'Infravalanginien et le Malm sont particulièrement replissés en cascade à partir de 2600 m jusqu'au haut de la paroi. A 50 m avant d'atteindre l'arête, au N. E. d'une fissure profonde visible de loin, on retrouve les calcaires dolomitiques intermédiaires entre Jurassique et Crétacé, mais accompagnés cette fois de conglomérats. La crête terminale, au point où nous la rejoignons, au N.-E. de la coupure, est formée de Malm. Nous suivons maintenant l'arête vers le N.-N.-E. et repassons dans l'Infravalanginien. Le sommet 2866 en est constitué. Sur l'extrême pointe, nous avons la chance de recueillir deux exemplaires, incomplets, il est vrai, d'*Hoplites (Berriasella) subrichteri*, RETOWSKY. A 10 m en dessous de l'arête passe une bande de Sidérolithique bréchiforme rappelant le marbre de Grindelwald; elle est accessible sur le versant E. Nous traversons encore le sommet suivant, au N.-N.-E. du point 2866, puis descendons face à Grindelwald par une voie différente de la montée. Voici la succession relevée pendant ce retour et qui complète heureusement la coupe précédente:

- a' 2610 m. Sidérolithique;
- b' Infravalanginien anticlinal;
- c' 2470 m. Sidérolithique représentant la suite du synclinal de Brèche de Mürren noté à la montée (niveau n° 4);
- d' Infravalanginien;
- e' 2430 m. Sidérolithique. Les niveaux ferrugineux c' et e', très rapprochés en projection horizontale, ont été réunis en un seul sur notre carte;
- f' Infravalanginien;
- g' Sidérolithique renversé du synclinal complexe situé entre les plis 4 et 5.

Résumé.

Il résulte de cette exploration et de ce que nous savons des bases de la montagne que l'Eiger-Hörnli est formé par un empilement, une cascade de plis. Nous avons pu discerner entre la gorge de la Lutschine et le sommet 2866 du Hörnli, et en considérant l'Infravalanginien terminal de ce point comme un dernier repli, neuf anticlinaux couchés principaux compliqués par un grand nombre de replis secondaires (pl. X, profil 1).

¹⁾ Cet affleurement a été oublié sur notre carte et figurera sur la nouvelle feuille Grindelwald au 25 000°.

9. Le Mittellegi.

Sur la carte géologique de la Suisse au 1 : 100 000^e le versant N. de l'Eiger est indiqué comme formé entièrement par du Jurassique, à l'exception d'une bordure de Flysch à Trichelegg, au S. de Grindelwald. SEEBER, en 1911 (79), apporta de grosses corrections à cette carte dans son étude sur les groupes du Faulhorn et du Männlichen. Dans la région qui nous occupe, il signala dans sa carte et ses profils la présence de Sidérolithique et de terrains nummulitiques dans le Wärgistalalp jusqu'à l'altitude de 2100 m, à partir de laquelle le versant N. de l'Eiger serait formé par du «Hochgebirgskalk» (Malm et Valanginien non différenciés). Nos levés détaillés confirment, d'une manière générale, les levés de SEEBER tout en les précisant et en les complétant. C'est ainsi que nous verrons que le Nummulitique monte jusqu'à 2400 m au-dessus d'Alpiglen et qu'il est beaucoup plus plissé que ne l'avait admis SEEBER. Enfin, nous croyons être arrivés à distinguer dans le Hochgebirgskalk de la paroi du Mittellegi: l'Argovien, le Malm et les calcaires infravalanginiens.

Le Krutwaldbach, au-dessus de la station d'Alpiglen, permet de faire une bonne coupe jusqu'à l'altitude de 2100 m.

En remontant ce torrent à partir du point où il est traversé par le chemin menant d'Alpiglen à la Petite Scheidegg, on observe:

- 1° Eboulis.
- 2° Infravalanginien (Öhrlikalk) imprégné d'oxyde de fer et renfermant un banc d'argilite verdâtre de 0,30 m d'épaisseur.
- 3° Grès dur phosphaté, pisolitique, pincé en synclinal. Sidérolithique tertiaire; 30 m (p. 16).
- 4° Infravalanginien altéré et rubéfié, transformé en une brèche rappelant celle de Grindelwald.
- 5° Infravalanginien sain formant un repli anticlinal.
- 6° Grès vert sidérolithique, éocène. 2 m.
- 7° Brèche de Mürren et calcaire gris, finement lité. Priabonien.
- 8° Lentille de grès sidérolithique, éocène. 2 m. •
- 9° Calcaire charbonneux priabonien.
- 10° Lentille de grès vert sidérolithique. Eocène.
- 11° Calcaire charbonneux priabonien.
- 12° Lentilles de Sidérolithique. Epaisseur maximum, 2 m.
- 13° Calcaire charbonneux priabonien.

Les niveaux 8 à 13 représentent le synclinal dans lequel vient se placer le témoin de Flysch figuré sur la carte au S. du t de Krutwald.

- 14° Brèche de Mürren épaisse de 50 m environ. Le torrent s'y est creusé une gorge étroite. Un tronçon même est souterrain. Le sommet de ce niveau (1860 m) correspond à l'endroit où un sentier, bien visible sur la rive droite, traverse le torrent.
- 15° Sidérolithique. 10 m. Anticlinal.
- 16° Brèche de Mürren en synclinal. 1,50 m.
- 17° Sidérolithique. 4 m. Anticlinal.
- 18° Brèche de Mürren en synclinal. 10 m.
- 19° Sidérolithique. 6 m.
- 20° Infravalanginien en anticlinal. 30 m.
- 21° Sidérolithique synclinal pincé en lentille.
- 22° Infravalanginien anticlinal formant un abrupt.
- 23° Sidérolithique synclinal.
- 24° Infravalanginien anticlinal formant un abrupt.
- 25° Lentille de Sidérolithique épaisse de 2 m. Synclinal.
- 26° Infravalanginien anticlinal.
- 27° Sidérolithique synclinal.
- 28° Infravalanginien anticlinal. Altitude 1920 m.

29° Sidérolithique.

30° Brèche de Mürren en synclinal.

31° Sidérolithique. Altitude 1930 m.

32° Infravalanginien anticlinal s'étendant jusqu'à l'altitude de 2100 m environ.

33° Brèche de Mürren replissée en un synclinal complexe. Cette formation recouvre là une partie des plis observés dans la base du Rotstock.

L'exiguïté de l'espace disponible sur la carte au 25 000^e nous a obligés de schématiser en réduisant le nombre des éléments tectoniques notés entre les niveaux 19 et 31.

Essayons de raccorder les plis du Krutwaldbach avec ceux que nous avons reconnus dans le versant gauche du glacier inférieur de Grindelwald. L'anticlinal marqué par le niveau 5 représente le pli de Bonern (n° 3, p. 54). Le synclinal qui lui succède dans le Krutwaldbach (niveau 8 à 13) est celui des témoins de Flysch du sentier de Bonern. Les 7 replis que l'on compte entre les altitudes 1860 et 1920 ne sont que des complications de détail du flanc renversé de l'anticlinal n° 4. Ce dernier se marque dans l'Infravalanginien 32. Le synclinal complexe de Brèches de Mürren qui vient ensuite peut être suivi sans interruption du Rotstock au Sattel au pied N. du Hörnli.

La montée de la paroi du Mittellegi se fait de 2400 m à 2790 m dans les calcaires infravalanginiens où deux zones de Sidérolithique marquent des synclinaux. Entre 2790 et 2900 m, le Malm pointe en anticlinal, supportant un synclinal de calcaires infravalanginiens entre 2900 et 2989 m. Dans ce synclinal, à 2940 m, nous avons trouvé des calcaires échinodermiques. La pente de neige, qui conduit à l'arête, couvre du Malm dans sa partie inférieure et de l'Argovien dans sa partie supérieure. Ce dernier terrain forme l'arête que l'on suit jusqu'à la cabane. Du Kallifirn on voit nettement que l'Argovien dessine deux anticlinaux dans la paroi S. séparés par un synclinal de Malm.

La plus grande partie de l'arête N.-E. de l'Eiger, dite arête du Mittellegi, est entaillée dans le Malm.

Résumé.

La coupe du Mittellegi confirme celle de l'Eiger. Tous les terrains de l'Argovien aux calcaires charbonneux du Priabonien, très plissés, appartiennent à l'Autochtone sédimentaire.

L'anticlinal digité d'Argovien de l'arête du Mittellegi représente la couverture sédimentaire de l'élément cristallin de la Cabane du Bergli, homologue de celui du Mettenberg.

IV. Tectonique.

1. Introduction.

Du point de vue de la Tectonique, la région de la Jungfrau est une de celles où l'effet sur l'avant-pays hercynien de la mise en place des nappes penniques est d'une parfaite clarté.

Les éléments tectoniques qui nous occupent sont les suivants:

- a) *les paragneiss du Lötschental* et la *Nappe de Morcles-Doldenhorn*;
- b) *le massif cristallin hercynien de Gastern* et sa couverture sédimentaire.

Les paragneiss du Lötschental et la *Nappe de Morcles-Doldenhorn*.

Les observations de BUXTORF et TRUNINGER (75), confirmées par les travaux de LUGEON (85^{bis}) et de KREBS (107), montrent que la Nappe Morcles-Doldenhorn s'enracine dans la région du Faldum-Resti- et Ferdenrothorn qui ferme le Lötschental au S.-W. Comme l'ont fait remarquer BUXTORF et COLLET (96), cette dernière zone est l'équivalent tectonique de la zone mésozoïque de Chamonix dans laquelle PARÉJAS enracine la Nappe de Morcles-Aravis (102^{bis}). Les coins cristallins découverts par LUGEON et OULIANOFF (95^{bis}) dans la zone de Chamonix sont les homologues des zones cristallines anticlinales des Laucherspitzen, du Niven et du Mannlihorn au S.-W. du Lötschental.

Par suite de la montée d'axe vers le N.-E., soit le long du Lötschental, le sédimentaire des racines de la Nappe Morcles-Doldenhorn (zone Faldum-Resti- et Ferdenrothorn) est en l'air. **Ainsi la zone des paragneiss du Lötschental est le substratum de la zone des racines de la Nappe Morcles-Doldenhorn.** Cette importante déduction nous guidera désormais dans nos considérations sur la tectonique de notre région.

La zone des paragneiss du Lötschental est flanquée au N.-E., du Mittagjoch à l'Eigerjoch, par le **granite de la Jungfrau** dont il a été question à maintes reprises dans les descriptions précédentes. MORGENTHALER (99) ayant rattaché ces granites à la zone d'Erstfeld, sans arguments suffisamment probants, COLLET (96) a proposé de les considérer, pour le moment, comme appartenant à la **zone externe des paragneiss du Lötschental**. Nous acceptons ici cette manière de voir qui, comme nous le verrons chemin faisant, présente des avantages du point de vue tectonique sans préjudicier aucunement à la question de l'appartenance de ces granites du point de vue pétrographique.

Le massif cristallin hercynien de Gastern et sa couverture sédimentaire.

Le massif cristallin hercynien de Gastern est l'homologue du massif cristallin hercynien des Aiguilles Rouges de Chamonix. Il forme l'élément basal de notre région, sur lequel a déferlé la Nappe de Morcles-Doldenhorn. Sa couverture sédimentaire a été de ce fait raclée sur son versant S. et empilée sur le versant N. Il suffit, en effet, de comparer l'épaisseur du sédimentaire autochtone dans la haute vallée de Lauterbrunnen à celle de ce terrain dans l'Inner Faflertal (Lötschental) pour s'en rendre compte. Mais ces écailles empilées que nous avons étudiées lors de notre montée au Schwarz Mönch (p. 29) sont nées de plis, à noyau de cristallin, dans lesquels des étirements et des décollements formidables ont eu lieu.

Les mylonites gneissiques que nous avons décrites dans le sédimentaire de couverture du cristallin de Gastern ne sont que des noyaux cristallins de plis, étirés jusqu'à passer à l'état de lentilles.

Ceci dit, reprenons d'une manière détaillée l'étude des accidents tectoniques de chacun des grands éléments structuraux de notre région, en commençant par:

2. Le massif de Gastern et sa couverture sédimentaire.

a. Les variations axiales.

Nous avons relevé, dans notre introduction, le fait d'une montée d'axe vers le N.-E., nettement marquée dans les paragneiss du Lötschental. Le même phénomène affecte le massif cristallin de Gastern dans son ensemble. Si, du Lötschenpass, où le massif culmine à 2750 m, nous nous dirigeons vers le N.-E., nous voyons cette culmination transversale se faire toujours plus haut:

Lötschenpass	2750 m	Versant N.-E. du Rottal	3325 m
N.-E. du Hockenhorn	3090 m	Jungfraujoeh (Sphinx)	3520 m
Elvertätsch	3210 m	Ober Mönchjoeh	3600 m environ
Tschingelhorn	3300 m	Unter Mönchjoeh	3530 m environ

La culmination axiale du massif de Gastern est donc atteinte à l'Ober Mönchjoeh, dans la région étudiée. Au delà, vers le N.-E., nous ne pouvons prendre de repères que dans l'élément le plus profond de ce massif (I de W. SCABELL, 110):

Kalliband	2730 m
Profil du Mettenberg (d'après W. SCABELL, p. 51)	2500 m environ
Profil du Wetterhorn (d'après W. SCABELL, p. 51)	2200 m environ

Sans préjuger du comportement des éléments supérieurs, ces trois dernières données montrent un abaissement axial dans l'élément de base, vers le N.-E.

Cette divergence vers le N.-E. entre l'élévation d'axe des éléments supérieurs charriés, de Gastern, et l'abaissement axial de l'élément de base le plus stable apparemment, montre que la tranche cristalline mise en mouvement par la poussée alpine dans les hauts du massif, augmente d'épaisseur du S.-W. au N.-E.

Notons encore que, d'une façon générale, l'inclinaison du talus externe du massif de Gastern augmente du S.-W. au N.-E. dans le sens de l'élévation d'axe. Il suffit, pour s'en rendre compte, de comparer les profils du Rottal (pl. X, n° 5), du Kalli (n° 1) et ceux du Mettenberg et du Wetterhorn de W. SCABELL (110, fig. 15). Ceci prouve une fois de plus l'ampleur croissante des déformations de Gastern dans cette direction.

b. Les coins cristallins.

La caractéristique du massif de Gastern, du point de vue tectonique, dans la région qui nous occupe, est la présence de **coins cristallins** se chevauchant les uns les autres. Les profils 1, 3—6 et 8 de la planche nous dispensent d'une longue description. Cependant, notons que les coins cristallins se rencontrent surtout sur le versant S. du massif et sur son faite.

Leur ampleur et leur volume augmentent avec le relèvement axial vers le N.-E. Il faut probablement invoquer, pour expliquer ce fait, la hauteur croissante de l'obstacle dans cette direction et la localisation plus profonde de la poussée qui en est résultée. Nous aurons l'occasion de voir plus loin l'effet de cette culmination sur le cheminement de la Nappe de Morcles.

Bien que le versant N. du massif de Gastern ne soit bien visible que dans la vallée de Lauterbrunnen et dans celle du glacier inférieur de Grindelwald, on peut essayer de paralléliser les coins cristallins entre eux et avec les éléments reconnus par W. SCABELL sur nos confins. Commençons dans la coupure du glacier inférieur de Grindelwald.

Le cristallin du Kalli représente l'élément Gastern le plus profond (I de W. SCABELL, 110, p. 51). Nous pensons que les coins et replis cristallins de l'Eigerhöhle doivent correspondre, bien que moins amples, aux lames signalées par SCABELL sous la masse charriée du Mettenberg, au-dessus de Stieregg. De part et d'autre, ces complications intéressent le sommet de la voûte cristalline et elles se correspondent en direction. D'ailleurs, la bande sédimentaire de Rotgufer, intermédiaire entre I et II, se poursuit dans le Zäsenberg et touche le glacier à la hauteur de la Heisse Platte, à 2160 m environ. De là, elle doit vraisemblablement se diriger vers l'W., sous le Grindelwald-Fiescherfirn, et, longeant la base de l'îlot rocheux coté 2852, venir se raccorder à la

série mésozoïque du Kalliband, à l'altitude de 2700 m environ. Les pointements 2852, 2824 et le rocher du Bergli appartiendraient donc à l'élément Mettenberg (II—III de SCABELL). La partie frontale de cette masse aurait été enlevée sur l'emplacement du Grindelwald-Fiescherfirn. Mais elle a néanmoins laissé quelques traces, l'anticlinal digité d'Argovien de l'arête du Mittellegi et les complications tectoniques de l'Eigerhöhle. Nous l'avons figurée schématiquement dans notre profil 3. L'élément du Bergli (II—III) se retrouve dans le versant W. du Mönch où son faite est compliqué par au moins deux replis cristallins. Le profil du Rottal montre que deux digitations couronnent aussi le massif de Gastern sous la Jungfrau. La digitation supérieure, traversée par le couloir du Rottalsattel, y est toutefois moins épaisse que l'inférieure qui porte la Cabane du C. A. S. La parallélisation dans le détail de ces replis n'est pas possible actuellement, car nous ne connaissons pas le substratum du cristallin de Gastern qui se montre dans la paroi W. du Mönch. Mais il est probable que l'ensemble des deux coins du Rottal est l'homologue de l'élément Mettenberg. Dans ce cas, les complications de la Roteflüh (profil 6) seraient à rapprocher de celles de l'Eigerhöhle et d'Obere Jäggi au Mettenberg.

Les coins dont nous venons de parler ne sont pas dus à des éclatements du massif de Gastern sous la poussée des nappes penniques, mais **ils procèdent de plis formés sur la bordure interne de l'avant-pays**. Si nous insistons sur ce point, c'est que la notion de pli que nous avons donnée dans notre première note (88) a été remplacée dans la suite par celle du coin dû à des éclatements. Ce dernier processus existe sur le massif de Gastern et nous en avons des preuves, mais il ne saurait être invoqué dans le cas spécial qui nous occupe. Que les coins dont nous parlons procèdent de plis, nous en avons la preuve dans l'existence de flancs renversés indiscutables comme on peut le voir dans l'Inner Faflertal, au Rottal, dans la paroi W. du Mönch et à l'Eigerhöhle.

Pour terminer, attirons encore l'attention sur la *terminaison en bec d'aigle de certains coins*. Ce phénomène est observable au Lauterbrunnen-Wetterhorn, dans le Rottal (coin de la cabane) et dans les coins du Mönch. Tant que l'épaisseur d'un pli cristallin lui donne une rigidité suffisante, il pénètre sans dommage pour lui dans les formations sédimentaires en mouvement qui l'entourent. Mais quand son extrémité s'est amincie, elle ne peut résister à l'entraînement et se rabat pour se conformer au mouvement de descente des masses sédimentaires.

c. Les mylonites gneissiques.

Nous avons décrit la présence de lentilles plus ou moins grandes de **mylonites gneissiques** dans le sédimentaire de couverture du massif de Gastern (p. 26, 33, 38, 44, 45). Que représentent ces mylonites ? Si ces roches cristallines s'étaient rencontrées, sans flanc renversé, sur le plan de la Nappe de Morcles-Doldenhorn on aurait pu faire intervenir la notion d'un gigantesque coup de rabot donné par la nappe sur le dos du cristallin du massif de Gastern. Or, les mylonites du Rottal, du Jungfraujoch, du Schwarz Mönch et de l'Ober Mönchjoch, se trouvent en plein sédimentaire de couverture du massif de Gastern (Autochtone).

Nous aurions été obligés de recourir à une hypothèse pour expliquer la présence de ces mylonites sans la superbe coupe naturelle que présente l'Inner Faflertal (Lötschental), où nous croyons avoir trouvé l'explication du phénomène. Dans notre description du Lauterbrunnen-Wetterhorn nous avons signalé la présence d'une **lame de gneiss mylonitisés pourvue de sa couverture normale et renversée** dans la bande sédimentaire qui sépare le cristallin du Breithorn (équivalent tectonique du granite du sommet de la Jungfrau) de celui de Gastern (p. 44). Or, en suivant cette bande de sédimentaire jusque dans l'Inner Faflertal, nous remarquons qu'un train de lentilles de gneiss mylonitisés la divise en deux parties à une altitude d'environ 2600 m. Un peu plus bas, à 2550 m environ, c'est un coin de cristallin, cassé, qui sépare la bande sédimentaire en deux parties. Les relations tectoniques du train de mylonites avec le sédimentaire sus- et sousjacent étant les mêmes que pour le coin de cristallin dont il vient d'être fait mention, nous pensons qu'il faut envisager les mylonites du Lauterbrunnen-Wetterhorn, tout comme celles du train de l'Inner

Faflertal comme représentant l'extrémité du coin de cristallin qui aurait été d'abord étirée puis sectionnée en lentilles par le cheminement de la Nappe Morcles-Doldenhorn.

On peut se demander si cette explication, basée sur des faits d'observation, est applicable aux **mylonites gneissiques** du Schwarz Mönch, du Jungfraujoch, du Rottal et de l'Ober Mönchjoch? Pour répondre à cette question, rappelons les conditions de gisement de ces mylonites.

Les *mylonites du Schwarz Mönch* qui ont été traînées le plus loin vers le N.-W. reposent sur du Malm broyé et supportent des calcaires échinodermiques du Bajocien. Ces mylonites ne possèdent donc pas de flanc renversé et le Trias normal manque.

Au-dessus de la *Cabane du Rottal*, par contre, les mylonites qui appartiennent au même train que celles du Schwarz Mönch, comme nous l'avons démontré à la page 29, possèdent un Trias renversé, il est vrai réduit souvent à l'état lenticulaire. Le Trias et le Jurassique moyen normal manquent.

Au *Jungfraujoch*, comme nous l'avons vu (p. 33), l'écrasement du sédimentaire est considérable et les mylonites ne possèdent ni flanc renversé ni flanc normal sédimentaire. Mais ici apparaît une nouvelle complication par le fait de la présence de deux trains de mylonites.

A l'Ober Mönchjoch, où le sédimentaire est beaucoup plus épais que dans la localité précédente, les mylonites inférieures ne possèdent pas de flanc renversé sédimentaire et seulement des quartzites du Trias en placage normal. Les mylonites supérieures, par contre, possèdent un flanc normal sédimentaire s'étendant des calcaires dolomitiques du Trias à l'Argovien. A vrai dire, le contact entre les calcaires dolomitiques et les mylonites est mécanique, et nous pensons que le manque de Trias inférieur est dû à un décollement qui s'est produit dans la série normale. A l'Eigerhöhle, deux des lentilles de mylonites possèdent un flanc normal triasique.

D'une manière générale, nous pensons que si les mylonites que nous venons d'examiner ne présentent pas la netteté des caractères tectoniques des mylonites du Lauterbrunnen-Wetterhorn, leurs conditions de gisement permettent pourtant de les envisager comme dues à un phénomène semblable.

Résumé.

L'étude des conditions de gisement des mylonites gneissiques de notre région nous conduit à interpréter ces intéressantes formations comme issues de coins cristallins qui, à leur tour, procèdent de plis.

3. La Nappe de Morcles-Doldenhorn.

Les travaux de BUXTORF et TRUNINGER (75), confirmés par ceux de LUGEON (85^{bis}) et de KREBS (107), nous montrent que la Nappe de Morcles-Doldenhorn comprend plusieurs digitations. Les profils de LUGEON, dans la région située entre Loèche-les-Bains et le Lötschenpass, sont si connus que cela nous dispense d'en aborder, à nouveau, la description. Arrêtons-nous au profil 5 de la planche I de KREBS (107), qui nous permettra d'établir la liaison avec nos profils. KREBS, en effet, y dessine *le cristallin du Mutthorn comme noyau cristallin de la digitation inférieure de la Nappe Morcles-Doldenhorn*. Nos observations confirment cette manière de voir et la complètent comme on peut s'en rendre compte en examinant notre profil 8 de la planche X.

Nous envisageons donc le cristallin du Mutthorn comme se continuant au S.-E. par le Tschingelhorn et le Lauterbrunnen-Breithorn. Le noyau cristallin de la digitation inférieure de la nappe appartient donc ici aux **paragneiss du Lötschental**. Ce cristallin chevauche la bande de sédimentaire que supporte le cristallin de Gastern, et que l'on suit de la base du Hockenhorn jusqu'au Jungfraujoch et à l'Ober Mönchjoch. Les paragneiss qui forment les sommets du Grosshorn et du Mittaghorn ainsi que le granite des sommets de l'Ebnefluh, du Gletscherhorn, Rottalhorn, Jungfrau, Mönch appartiennent au même élément tectonique.

BUXTORF et COLLET (96) avaient envisagé en 1921 comme hypothèse de travail que le **granite de la Jungfrau** jouait le rôle d'un élément tectonique séparé, c'est-à-dire d'un coin arraché de sa racine en profondeur, entre le massif de Gastern et les paragneiss du Lötschental. Nos travaux de révision de la carte géologique (feuille Kippel au N. de la Lonza) dans la région du Hoekenhorn ne confirment pas cette hypothèse. Il s'agit d'un élément pétrographique, soit d'une zone externe du Lötschental. La présence d'un flanc renversé, question importante sur laquelle nous aurons à revenir plus loin, avec zone d'altération permienne ne laisse aucun doute à ce sujet.

Les profils de J. KREBS (107) montrent qu'à partir du Tschingelgrat, la Nappe de Morcles-Doldenhorn diminue fortement d'importance vers l'E. Dans la région située à l'W. de la Weisse Lütschine, elle se termine au Brünli, au S. de Mürren. J. KREBS partage les idées de STAUFFER à ce sujet. A Mürren, *la Nappe de Morcles-Doldenhorn manque* et STAUFFER a montré que *la Nappe du Wildhorn repose directement sur l'Autochtone*. C'est à la suite d'une excursion au Brünli avec STAUFFER, en 1918, que l'un de nous (COLLET) décida de reprendre l'étude géologique de la Jungfrau après avoir trouvé au Schwarz Mönch la présence de la Nappe de Morcles-Doldenhorn.

Comme nous l'avons vu dans la description du Schwarz Mönch, on trouve subitement dans la partie supérieure de cette montagne le Valanginien et l'Hauterivien (Tschingelkalk) typiques de la Nappe de Morcles-Doldenhorn ainsi que son Tertiaire.

BUXTORF et COLLET (96) dans leur étude des «relations entre le massif Gastern-Aiguilles Rouges et celui de l'Aar-Mont Blanc», publiée en 1921, ont considéré que le chevauchement du granite de la Jungfrau sur la Nappe du Doldenhorn, au Schwarz Mönch et au Silberhorn, ne s'explique que **par une involution de la dite nappe sous les granites de la Jungfrau**. Nos recherches nous ont montré, dans la suite, le bien-fondé de cette manière de voir. Cependant, comme nous l'avons déjà fait remarquer, il faut actuellement considérer le granite de la Jungfrau comme représentant le noyau cristallin de la digitation inférieure de la nappe et non comme un élément tectonique venu de la profondeur. Il est donc évident que le mécanisme invoqué pour la formation de l'involution, par BUXTORF et COLLET, n'est plus admissible. Dans notre esprit il s'agit au fond d'une involution d'une digitation supérieure de la nappe entre l'Autochtone et une digitation inférieure, représentée principalement par son noyau cristallin, le granite du sommet de la Jungfrau.

Avant d'aller plus loin, examinons s'il serait possible d'expliquer le synclinal du Schwarz Mönch sans faire intervenir la notion d'une involution. La première idée qui vient à l'esprit est que le synclinal du Schwarz Mönch représente l'amorce d'une digitation de la nappe, plus inférieure que celle qui correspond au cristallin du sommet de la Jungfrau. Les résultats de l'étude de KREBS s'opposent à cette manière de voir. En effet, nous voyons du Mutthorn au Tschingelgrat que la nappe diminue d'importance par réduction de la digitation inférieure (A1 sur les profils de KREBS). De plus, il serait surprenant de voir la nappe gagner une nouvelle digitation plus inférieure au moment même où elle affronte la culmination du massif de Gastern. A ce moment, en effet, nous devons nous attendre à une diminution des éléments inférieurs par suite de l'obstacle causé à son cheminement par la dite culmination. Enfin, si nous examinons notre coupe de l'Eiger (profil 3, pl. X), nous remarquons que la nappe est diminuée d'une digitation par le fait que le sédimentaire de l'Eiger se raccorde à l'Autochtone par un synclinal bien marqué. Or, cet Autochtone possède une série sédimentaire qui ne varie pas dans les limites de notre carte, comme le montre le profil du Guggi (profil 4, pl. X).

Si le synclinal du Schwarz Mönch appartenait à un élément inférieur de la nappe les différences de faciès ne se comprendraient pas entre le Schwarz Mönch et l'Eiger, sur une distance inférieure à 7 kilomètres, d'autant plus que la coupe du Guggi se trouve entre deux.

Nous arrivons ainsi à la conclusion, du point de vue tectonique comme de celui de la stratigraphie, que **le synclinal du Schwarz Mönch ne peut appartenir qu'à une digitation de la nappe**, supérieure à celle représentée par le granite du sommet de la Jungfrau. Sa position ne s'explique donc que par une involution.

La limite entre la nappe et l'Autochtone. Le plan de chevauchement de la Nappe de Morcles-Doldenhorn doit être cherché entre le flanc renversé du cristallin du Tschingelhorn et les duplications de la couverture autochtone du massif de Gastern. Nous avons vu qu'au Lauterbrunnen-Wetterhorn une lame de gneiss mylonitisés, accompagnée d'un lambeau de leur couverture mésozoïque, s'écrase sur ce plan. C'est donc au-dessus de ces mylonites et, en leur absence, sur le plan lui-même qu'il faut placer le contact entre la nappe et l'Autochtone.

Sur la rive gauche du glacier de Tschingel, au Tschingeltritt, la carte de J. KREBS (VI) fait passer ce contact entre 2280 et 2400 m d'altitude. A notre avis, il ne s'agit pas là du plan de la nappe, mais plutôt de celui qui sépare les séries II a et II b de l'Autochtone et que nous avons trouvé sur rive droite, dans la paroi N.-E. du Kanzelhorn. Il atteint le glacier vers 2400 m sur ce versant.

Le véritable plan de la nappe est visible plus haut, au N.-E. du point 2524. Nous l'avons repéré à 2520 m, au-dessus du Malm II b. Des lentilles de calcaire dolomitique du Trias et des grès durs satinés, probablement rhétiens, sont étirés sur ce contact que des réseaux de calcite secondaire à patine jaune soulignent encore. Le Jurassique supérieur du flanc renversé de la nappe est fortement laminé au-dessus du plan. Ce dernier, complexe et accompagné de surfaces de friction secondaires près du glacier, monte lentement vers le N.-E., passe à 2550 et se poursuit dans les parois de la Tschingelgrat où nous ne l'avons pas suivi.

Pour retrouver le *plan de la nappe*, il faut se déplacer jusqu'au Rottal et au Schwarz Mönch. Nous avons à considérer là deux digitations de la nappe parautochtone. La digitation inférieure est constituée par le noyau granitique du sommet de la Jungfrau et sa couverture mésozoïque renversée. La supérieure qui encapuchonne la précédente est représentée par le synclinal du sommet du Schwarz Mönch.

Le contact de la digitation supérieure (élément du Schwarz Mönch) avec l'Autochtone peut déjà être identifié, comme nous l'avons dit précédemment, sur l'arête du Rottal. Au-dessus du Malm involué et pincé entre la couverture du massif de Gastern et l'élément parautochtone inférieur, c'est le plan séparateur des deux digitations de la nappe qu'on traverse. Ce plan se voit encore sur l'arête W.-N.-W. du Silberhorn, à mi-distance entre ce sommet et le haut de la paroi du Rotbrett.

Le contact de l'élément parautochtone du Schwarz Mönch avec son substratum autochtone descend de l'arête du Rottal dans la direction des Strählplatten et du Gämschiboden (Haut du Mattenbach), où nous l'avons vu souligné par une lentille de Trias. Il passe ensuite dans les parois à pic du Schwarz Mönch, tourne dans le Trümletental, parvient dans le versant N. du Schneehorn, où il doit former une des charnières synclinales qu'on y voit se dessiner. La digitation supérieure du Schwarz Mönch passe en l'air à partir de là. Nous ne la retrouverons que dans le ravin du Schüssellauen en près de Grindelwald.

Que devient le contact entre l'Autochtone et la série renversée du granite de la Jungfrau, vers le N.-E.? Entre la Biglenalp et la Cabane supérieure de Guggi, l'Infravalanginien et le Nummulitique autochtones sont replissés en deux anticlinaux (pl. X, profil 4). Au-dessus de la cabane supérieure, la Brèche priabonienne normale supporte la série mésozoïque renversée sous le cristallin du Mönch par l'intermédiaire d'un plan tectonique. La digitation parautochtone inférieure est là encore distincte de l'Autochtone. Mais plus au N.-E., un simple synclinal raccorde la couverture renversée du cristallin de l'Eigerjoch à l'Autochtone plissé en cascade. Ceci est exprimé dans les profils 1 et 2.

C. LOUIS (106) a le premier publié que des écailles de la Nappe de Morcles-Doldenhorn étaient visibles à la base du Schüssellauen en, au S. de Grindelwald. Il y a là, en effet, d'après cet auteur, trois lambeaux superposés de Parautochtone. Nous les avons vues reposer sur la Brèche priabonienne très réduite (p. 53). Sur le versant N.-W. du Mettenberg et du Wetterhorn, région étudiée par W. SCABELL (110), la zone parautochtone devient continue et augmente d'épaisseur.

Conclusions.

Jetons, pour terminer, un coup d'œil d'ensemble sur la Nappe de Morcles-Doldenhorn dans la région qui vient d'être étudiée. Sa portée horizontale diminue fortement entre Kandersteg et Grindelwald. Mesurée entre le sommet de la voûte du massif de Gastern et le front, la portée dépasse 7 km $\frac{3}{4}$ sur la transversale Birghorn-Öschinensee, d'après les profils de J. KREBS (107). Elle est de 6 km $\frac{3}{4}$ environ sur la ligne Rotefluh-Brünli et tombe à 3 km environ entre le Kalli et le Schüssellauenen. Le noyau cristallin de la digitation inférieure de la nappe montre le même phénomène. Toujours à partir du faite de Gastern, le front de ce cristallin s'avance de 2,6 km au Mutthorn, de 2 km au Silberhorn, de 1,4 km à l'Eigerjoch.

Cette **diminution de portée horizontale** qui s'accompagne d'une diminution du volume de la nappe (perte de la digitation inférieure, réduction à trois minces écailles au N.-E.) est vraisemblablement due à l'élévation progressive de l'obstacle Gastern. Mais l'énergie qui n'a pas été utilisée par la Nappe de Morcles-Doldenhorn au N.-E. de notre région a été consommée dans les dislocations du massif de Gastern que nous avons vu devenir de plus en plus considérables et intéresser une tranche toujours plus épaisse du substratum du S.-W. au N.-E. On passe ainsi progressivement du bombement relativement peu accidenté du massif-obstacle de la région du Gasterntal et du Petersgrat aux plis cristallins de grande envergure décrits par W SCABELL au Mettenberg et au Wetterhorn.

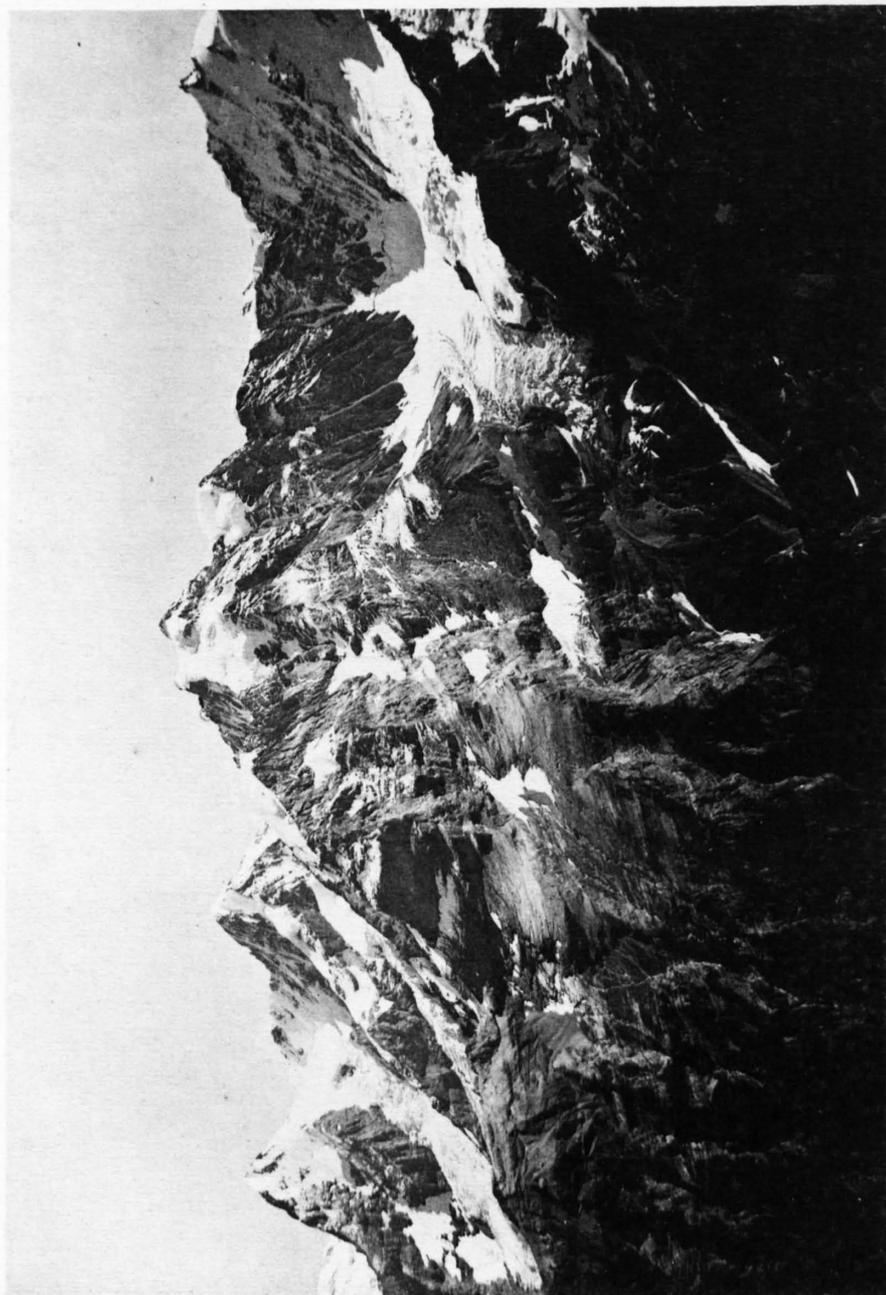
Une sorte de compensation, de relaiement dans l'ampleur des déformations subies s'est établie entre le massif de Gastern et l'unité chevauchante constituée par le granite de la Jungfrau et les paragneiss du Lötschental.

Rottal

Jungfrau

Mönch

Eiger



Phot. Gyger.

Le massif de la Jungfrau
Vue prise du Büttlassen

Jungfrau

Silberhorn

Schwarzmonch



Phot. L.-W. Collet.

La Jungfrau Versant du Rottal

- I. Cristallin de Gastern.
- IIa. Sédimentaire autochtone.
- IIb. Ecaille du même.
- III. Ecaille avec gneiss mylonitisés
- IV. Nappe de Morcles.
- V. Gneiss grenus (Zone externe du Lötschental).
- C. Cabane du Rottal.
- M. Gneiss mylonitisés.



Fig. 1. Montée à la Cabane du Rottal, 1730 m. env.
Trias supérieur décollé des argillites et plissé

Td. Calc. dol. Ts. Schistes à Equisetum = Trias. Ba. Bajoclen. O. Oolithe ferr. (Bath.-Cal.)

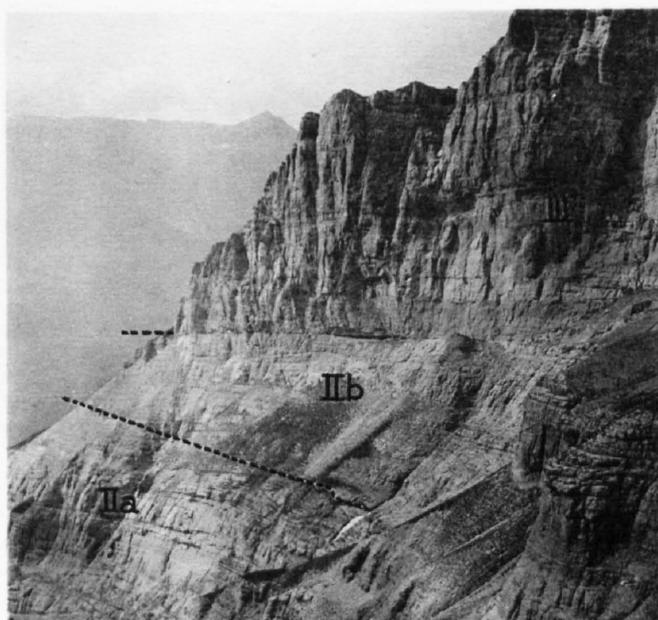


Fig. 2. Montée à la Cabane du Rottal
N. de Kalte Brunnen

IIa. Sédimentaire autochtone. IIb. Ecaille du même. III. Ecaille avec Gneiss mylonitisés.

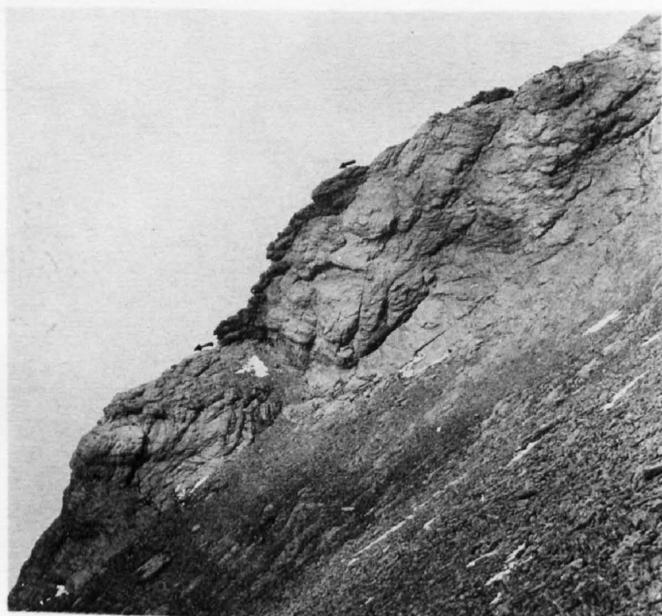
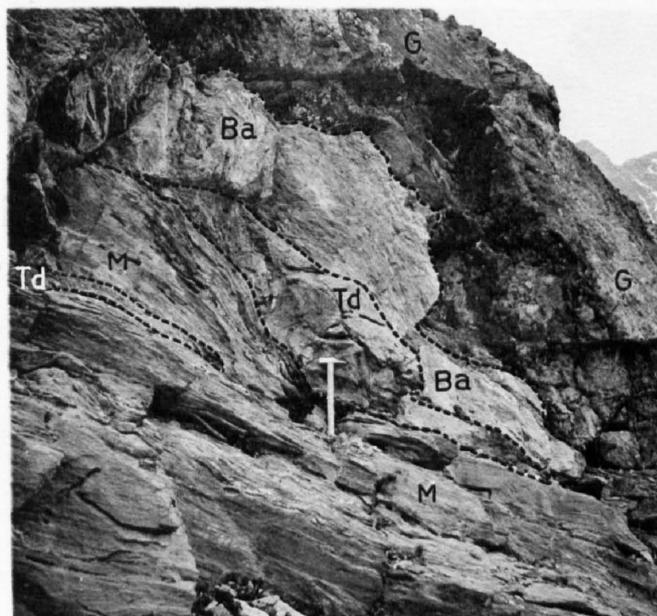


Fig. 3. Montée à la Cabane du Rottal, 2670 m. env.

Gneiss mylonitisés se détachant en noir sur l'arête de sédimentaire



Phot. L.-W. Collet

Fig. 4. Montée à la Cabane du Rottal, 2680 m. env.

G. Cristallin de Gastern. Td. Calc. dol. Trias Ba. Bajoclen. M. Jurassique sup



Fig. 1. Le mur de gneiss mylonitisés (haut. max. 6 m.)
au-dessus de la Cabane du Rottal, 2900 m. env.

G. Cristallin de Gastern. Ba. Bajocien. M. Gneiss myl. J. Jurass'que sup.
Au fond, de gauche à droite: le Tschingselhorn, le Mutthorn et la Blümlisalp.



Fig. 2. Le chapeau de sédimentaire des Aiguilles Rouges
de Chamonix

G. Cristallin des Aiguilles Rouges - Gastern. Q. Quartzites du Trias.



Fig. 3. Montée au Schwarzmönch (Katzenweg) 1650 m. env.

Plan de chevauchement de l'écaille inf. de III avec gneiss mylonitisés.



Phot. L.W. Collet.

Fig. 4. Montée à la Cabane de la Schwarzegg, 2000 m. env.

A. Cristallin de la zone externe du Lötschental. S. Sédimentaire: Trias et Bajocien G. Cristallin de Gastern.

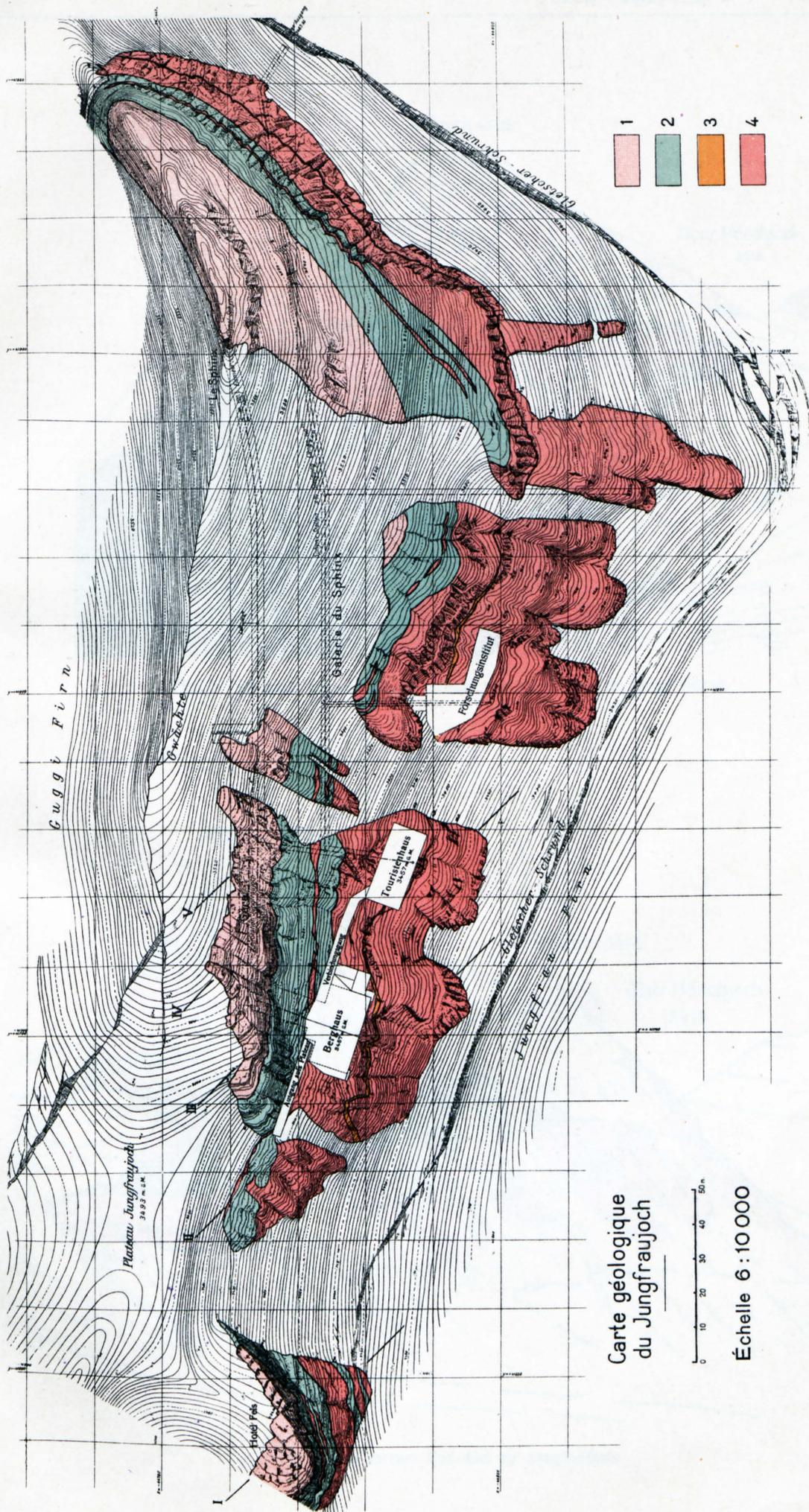


Phot. E. Paréjas

La région du Tschingelhorn et du Lauterbrunnen Wetterhorn

Vue de l'arête ouest du Lauterbr. Breithorn

- 1. Arête W du Lauterbr. Breithorn.
- 2. Tschingelhorn.
- 3. Blümlisalp.
- 4. Gamchilücke.
- 5. Gspaltenhorn.
- 6. Lauterbr. Wetterhorn.
- 7. Kanzelhorn.
- G. Cristallin de Gastern.
- Pg. Paragneiss du Löttschental.
- T. Trias.
- M. Malm.
- My. Gneiss mylonitisés.
- IIa. Sédimentaire autochtone.
- IIb. Ecaille du même.



Carte géologique
du Jungfraujoch

0 10 20 30 40 50 m

Échelle 6 : 10000

LÉGENDE : 1^o Granite de la Jungfrau. — 2^o Mésozoïque représenté surtout par des calcaires du Jurassique supérieur. — 3^o Trias. — 4^o Cristallin de Gastern.

Le levé topographique a été effectué par R. et M. Zschokke en mars 1927 et sa reproduction a été aimablement autorisée par la Direction de la Jungfraubahn.

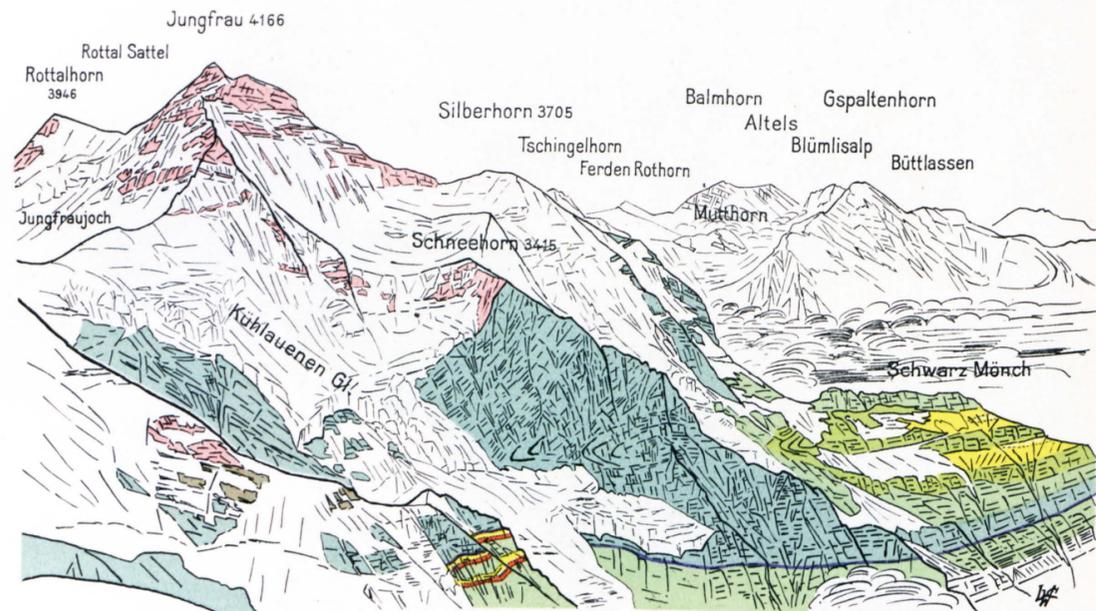


Fig. 1. Le versant Nord-Ouest de la Jungfrau, vu de l'Eiger.

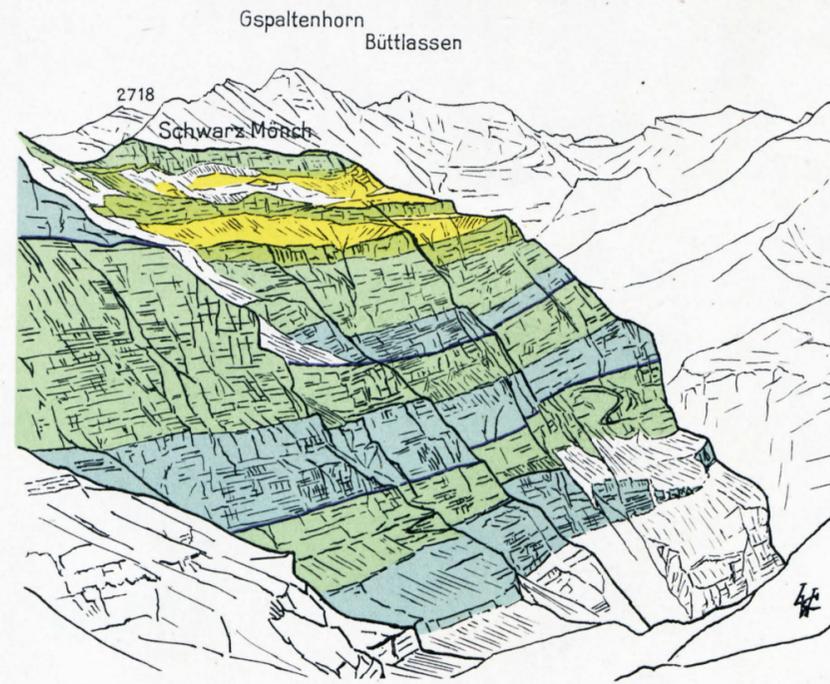


Fig. 3. Le versant Nord-Est du Schwarz Mönch, vu de la Wengern Alp.

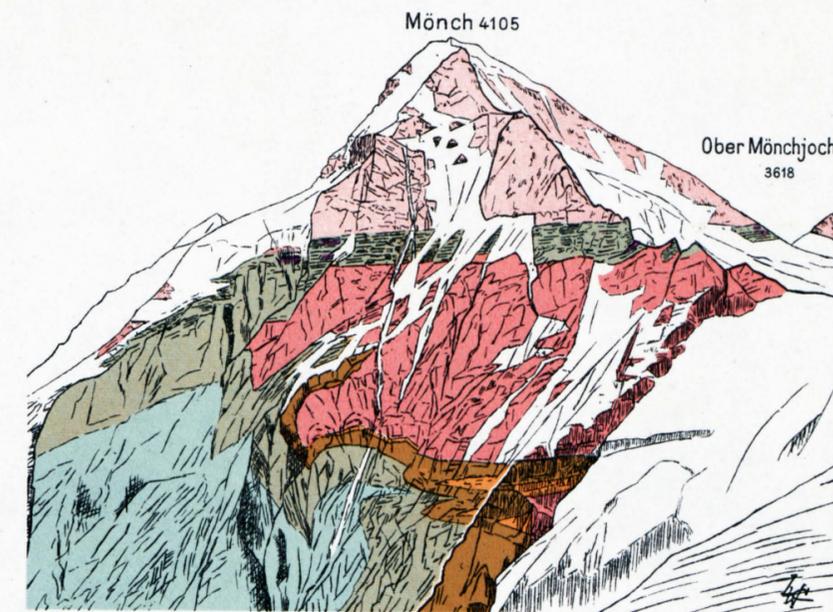


Fig. 5. La paroi Sud-Ouest du Mönch, vue du Plateau de Jungfrauoch.

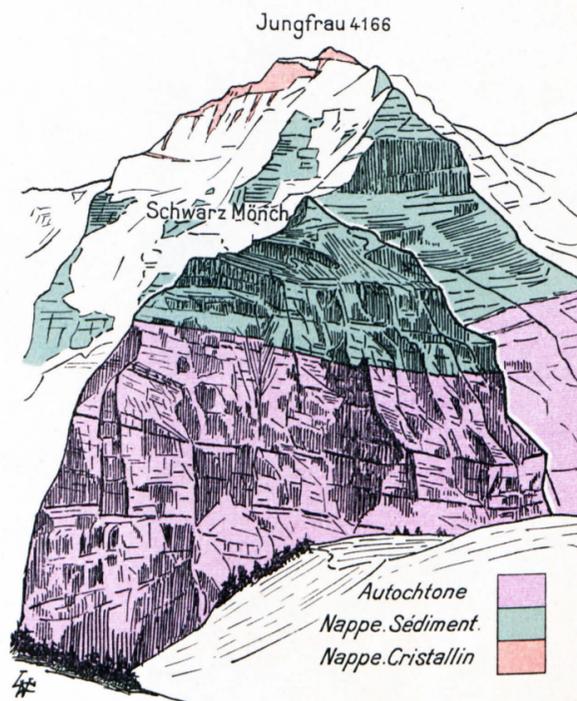
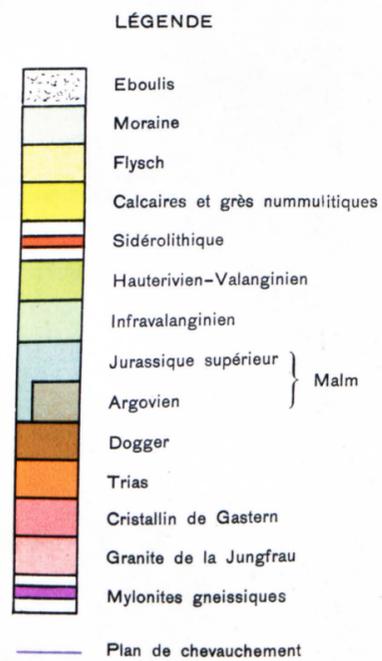


Fig. 2. La Jungfrau et le Schwarz Mönch, vus de Mürren.

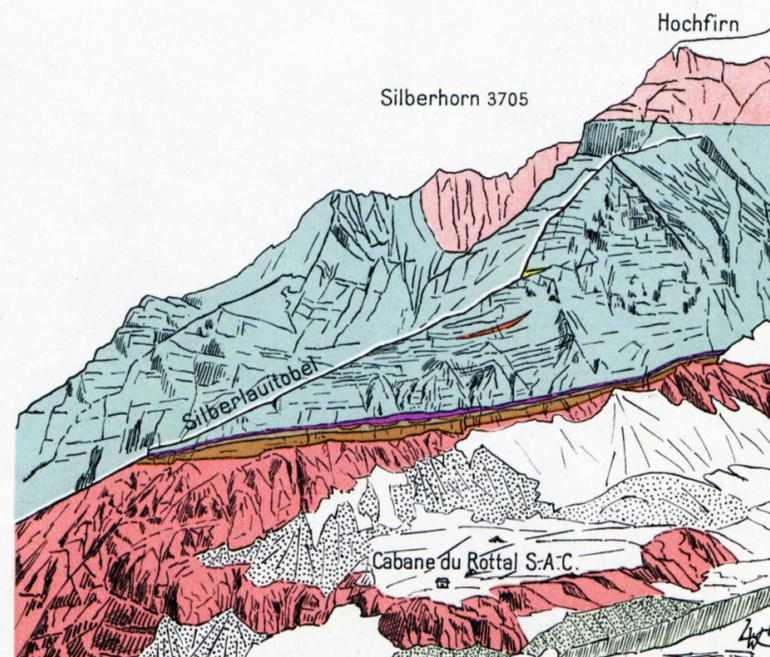


Fig. 4. L'arête Sud-Ouest de la Jungfrau, vue de la Rote Fluh.

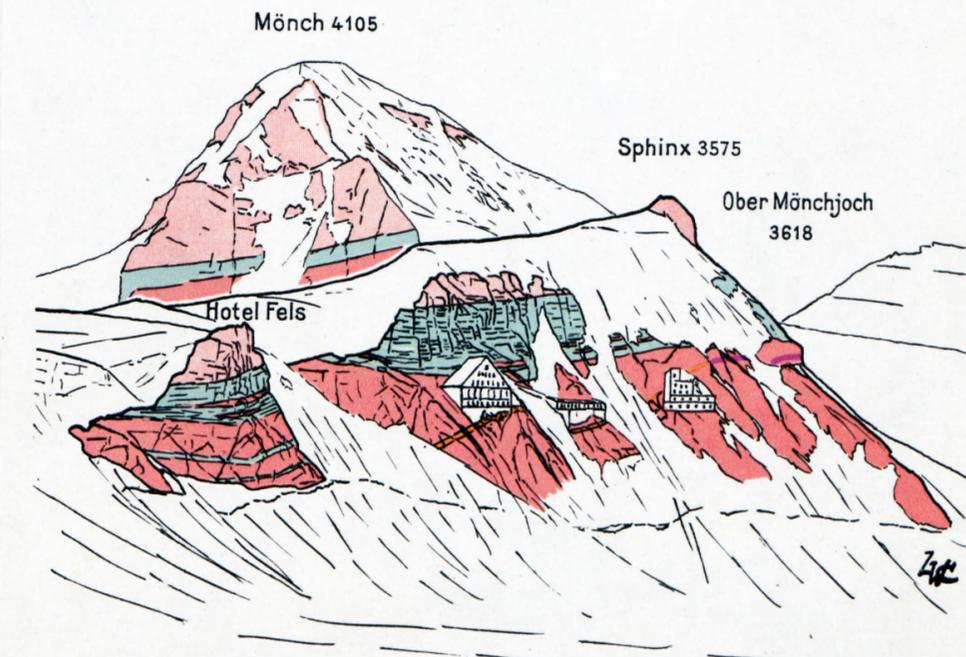


Fig. 6. Le versant Sud-Est du Jungfrauoch.

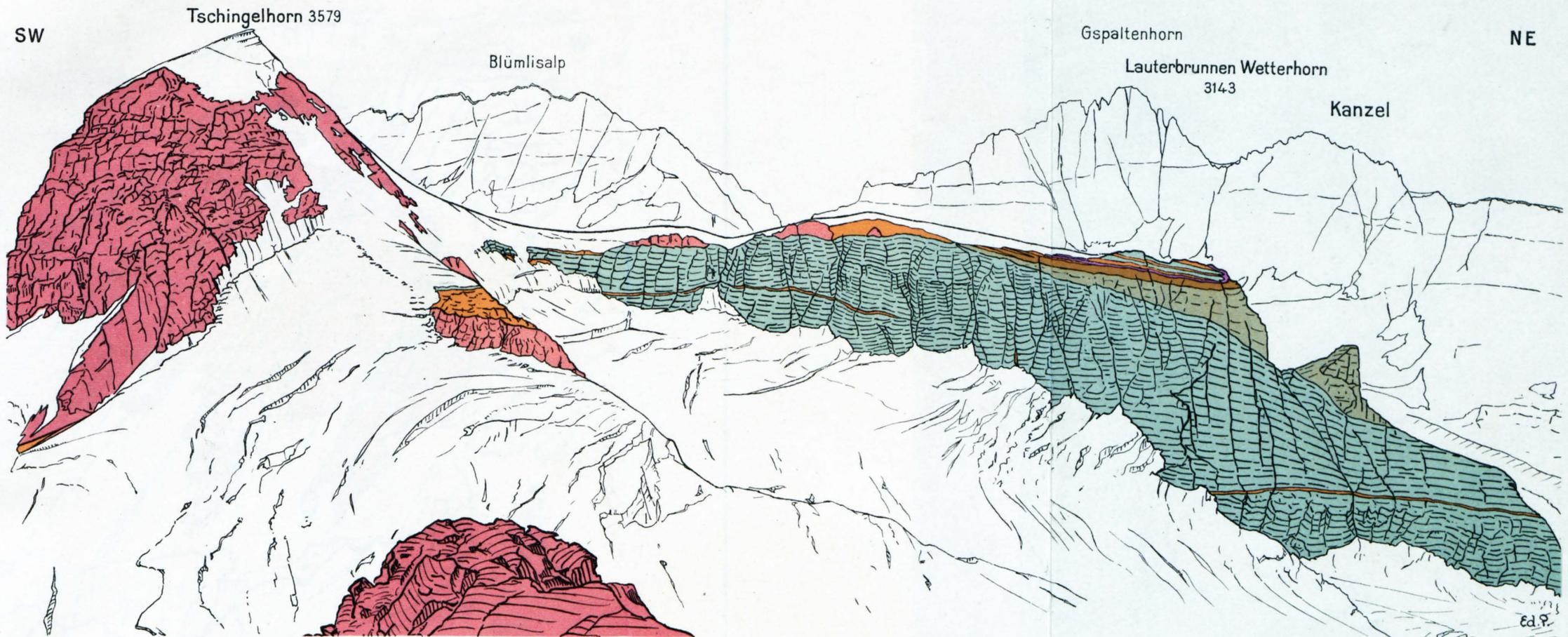


Fig. 1. Le Tschingelhorn et le Lauterbrunnen Wetterhorn, vus de l'arête W du Breithorn.

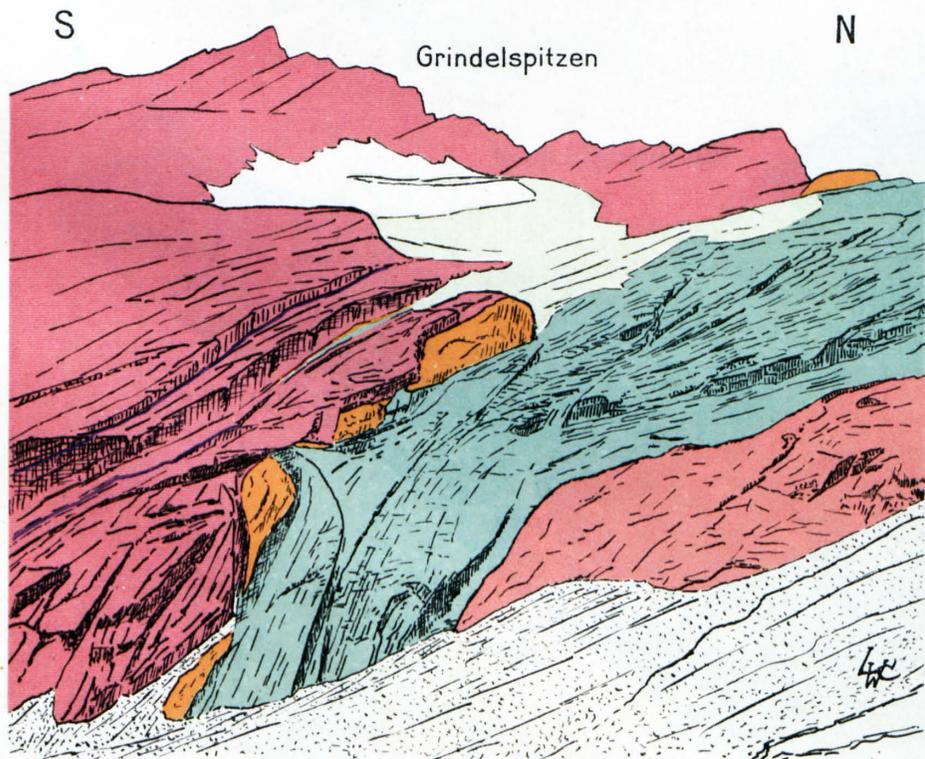


Fig. 2. Le versant Est des Grindelspitzen, vu du fond de l'Inner Fafertal.

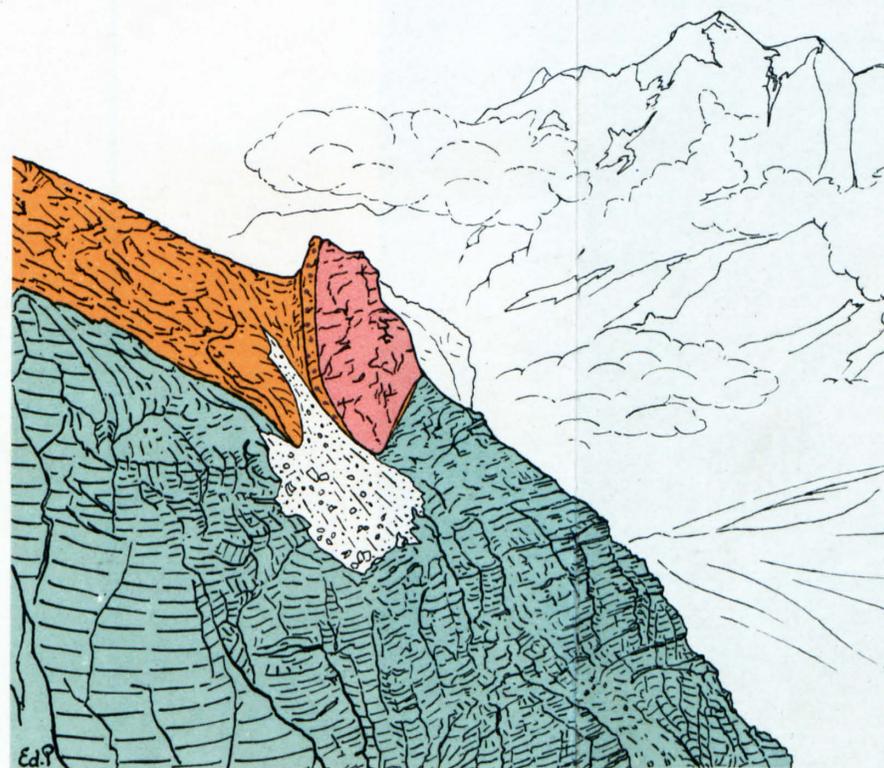


Fig. 3. Extrémité d'un coin cristallin sur l'arête du Lauterbrunnen Wetterhorn.

LÉGENDE

-  Eboulis
-  Moraine
-  Jurassique supérieur } Malm
-  Argovien }
-  Dogger
-  Calcaire dolomitique et schistes argileux } Trias
-  Quartzites }
-  Paragneiss du Lötschental
-  Crystallin de Gastern
-  Mylonites gneissiques
-  Plan de chevauchement

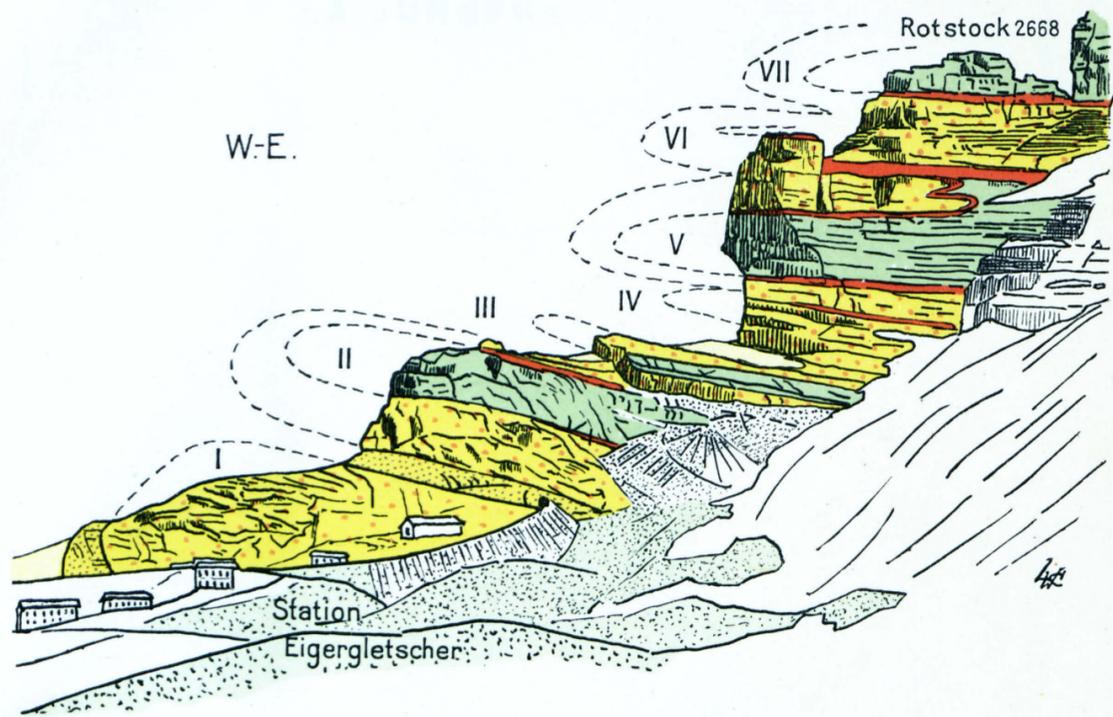


Fig. 1. L'arête Ouest de l'Eiger, de la Station Eigergletscher au Rotstock.

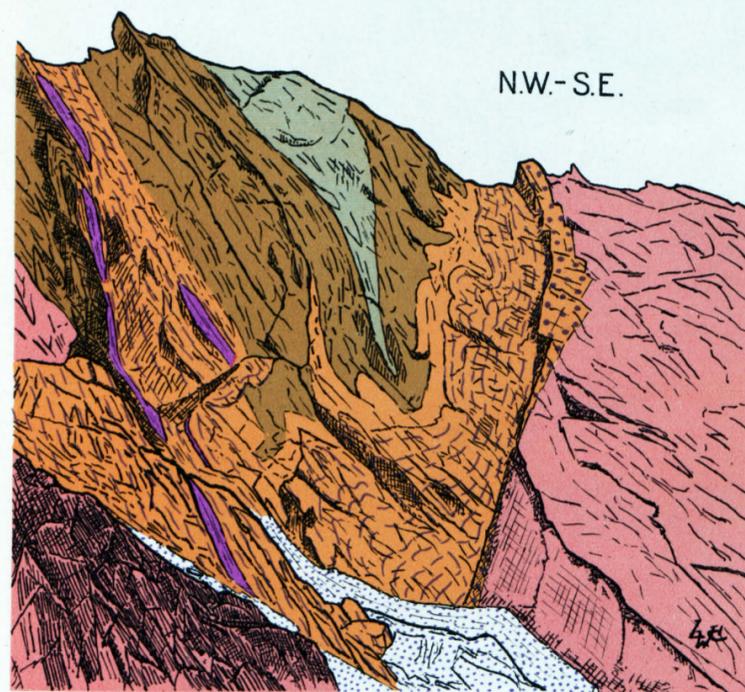


Fig. 3. Synclinal complexe du Kalli, vu du Sud-Ouest.

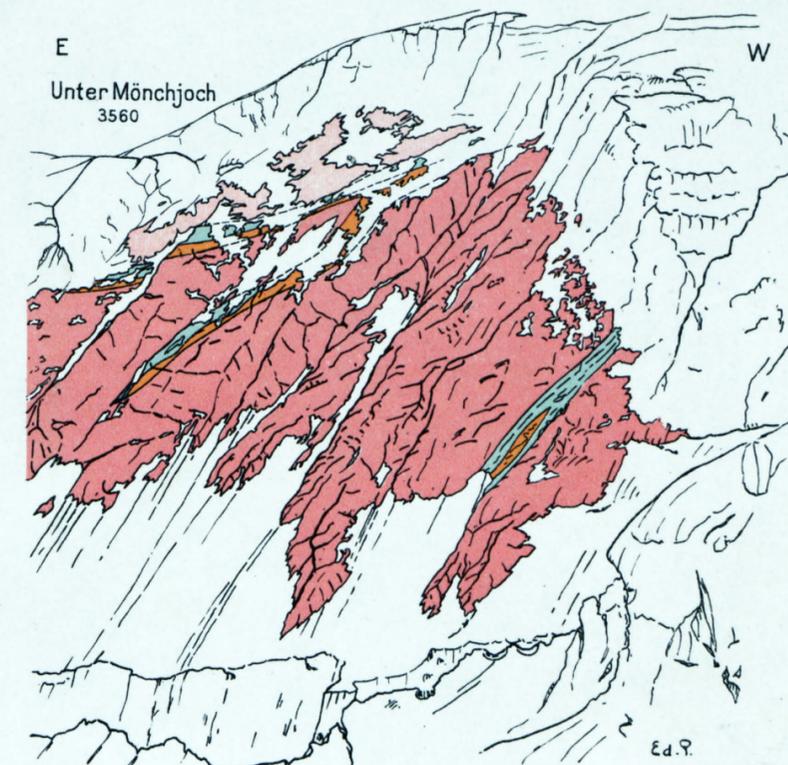
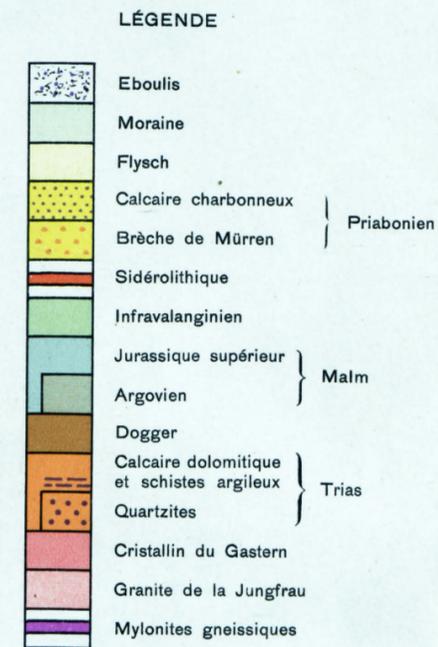


Fig. 6. Les coins cristallins de l'Unter Mönchjoch, vus de la Cabane du Bergli.

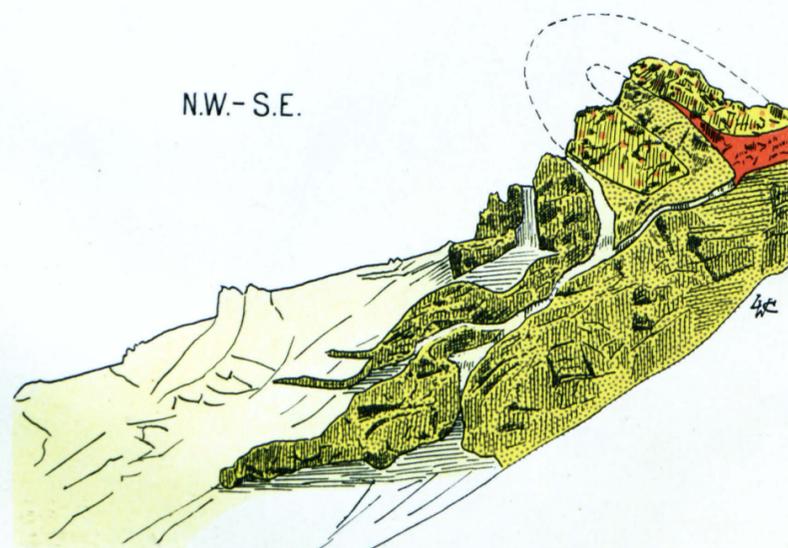


Fig. 2. L'arête bordant au Nord-Est la Rotstockschlucht, vue de la base Nord-Est du Rotstock.



Fig. 4. Extrémité d'un coin cristallin sur l'arête du Lauterbrunnen Wetterhorn.

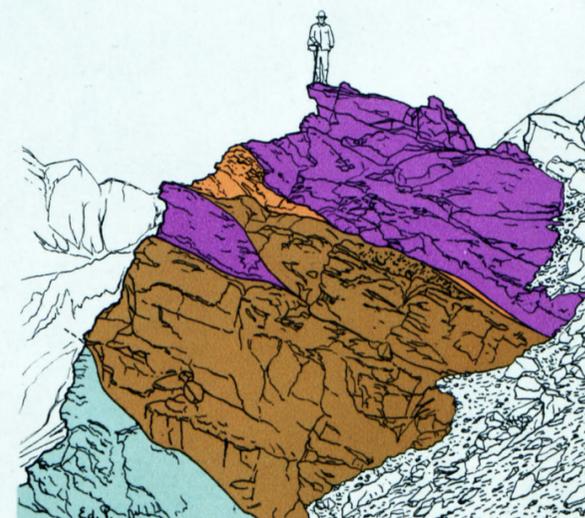


Fig. 5. Les mylonites gneissiques du versant NW de la Kanzel.

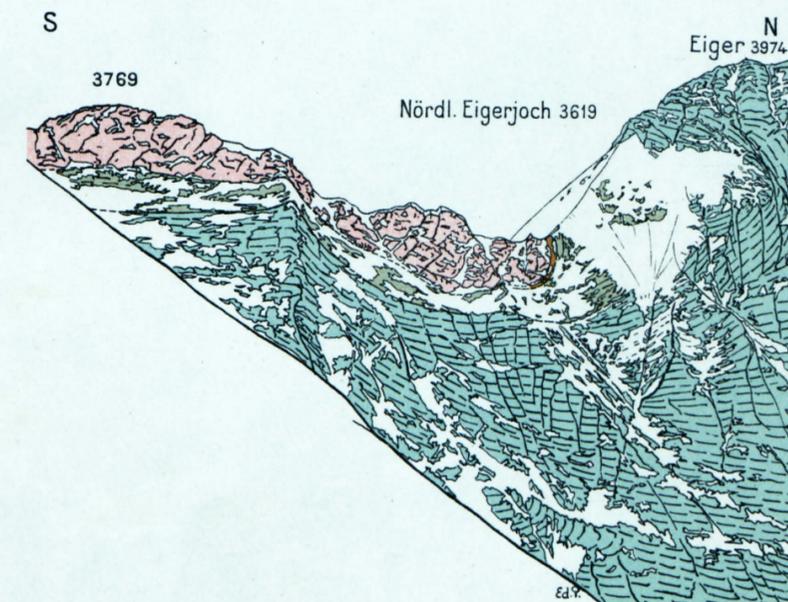


Fig. 7. L'Eiger et l'Eigerjoch, vus de la Cabane du Bergli.

PROFILS GÉOLOGIQUES A TRAVERS LA CHAÎNE DE LA JUNGFRAU

par L. W. COLLET et ED. PARÉJAS

Quaternaire
 Eboulis
 Dépôts glaciaires

NAPPE DE MORCLES-DOLDENHORN

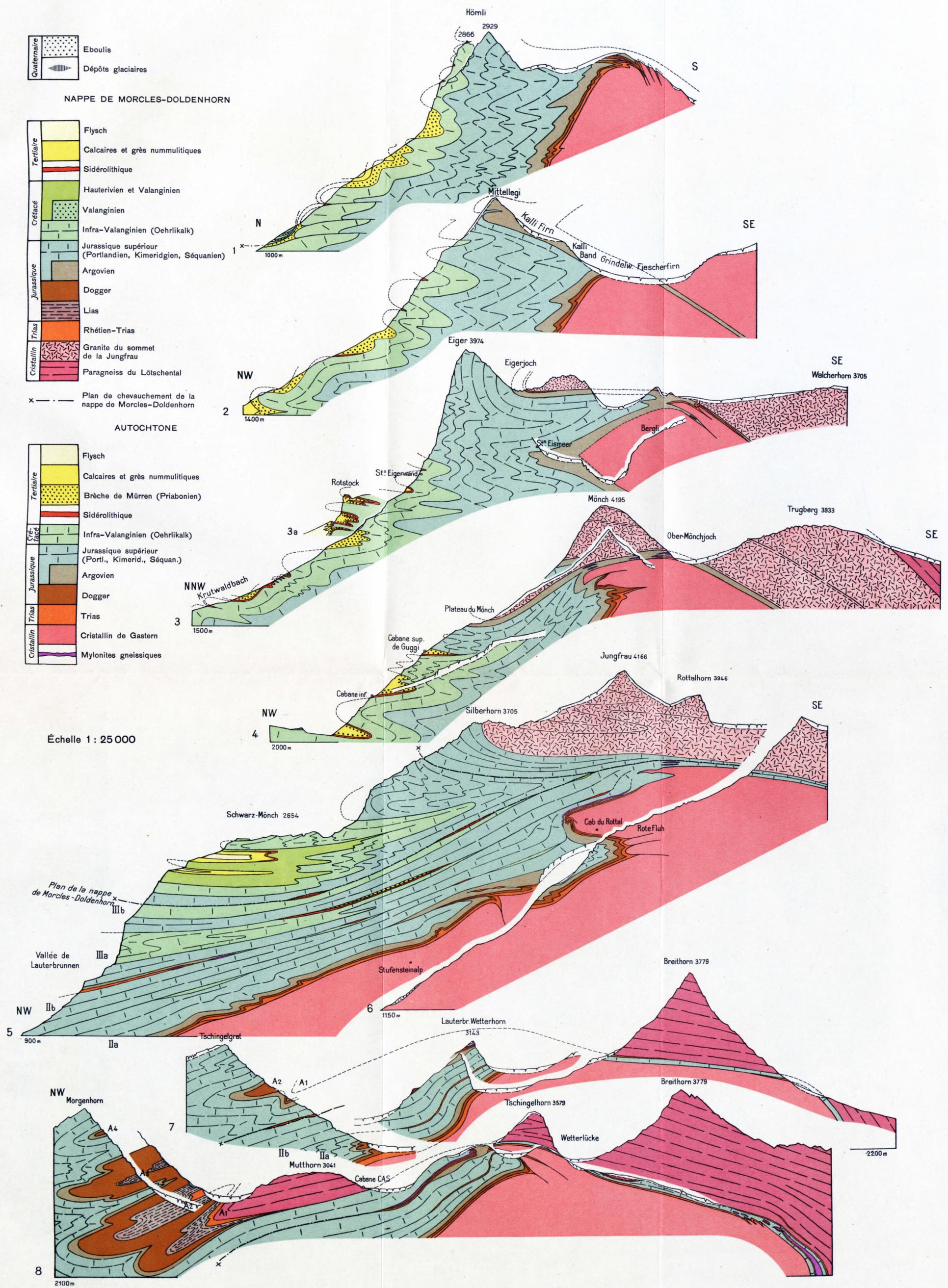
Tertiaire	Flysch
	Calcaires et grès nummulitiques
	Sidérolithique
Crétacé	Hauterivien et Valanginien
	Valanginien
Jurassique	Infra-Valanginien (Oehrlialk)
	Jurassique supérieur (Portlandien, Kimeridgien, Séquanien)
	Argovien
Trias	Dogger
	Lias
	Rhétien-Trias
Cristallin	Granite du sommet de la Jungfrau
	Paragneiss du Lötschental

x - - - Plan de chevauchement de la nappe de Morcles-Doldenhorn

AUTOCHTONE

Tertiaire	Flysch
	Calcaires et grès nummulitiques
	Brèche de Mürren (Priabonien)
	Sidérolithique
Crétacé	Infra-Valanginien (Oehrlialk)
	Jurassique supérieur (Portl., Kimerid., Séquan.)
Jurassique	Argovien
	Dogger
Trias	Trias
	Cristallin de Gastern
Cristallin	Mylonites gneissiques

Échelle 1 : 25 000



L'extrémité NW des profils 7 et 8 d'après J. Krebs.