

LE
SYSTÈME GLACIAIRE DES ALPES

GUIDE

PUBLIÉ A L'OCCASION DU CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

(6^{me} session à Zurich 1894)

PAR MM.

Dr A. PENCK

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE
VIENNE

Dr ED. BRÜCKNER

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE
BERNE

Dr LÉON DU PASQUIER



EXTRAIT DU

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE NEUCHÂTEL

Tome XXII, 1893-1894 — Séance du 7 avril 1894



NEUCHÂTEL

IMPRIMERIE DE H. WOLFRATH & C^{ie}

—
1894

EXCURSION SUPPLÉMENTAIRE

AU

CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

6^{me} Session, à Zurich, en 1894

PROGRAMME DE L'EXCURSION GLACIAIRE

DE

MM. D^r ED. BRÜCKNER, Prof., D^r LÉON DU PASQUIER, et D^r A. PENCK, Prof.

Lundi 17 septembre.

Départ de *Lugano* par le bateau à vapeur de Ponte-Tresa à 7 h. 06 matin. — Arrivée à *Luino*, 9 h. 33. Déjeuner. — Départ de *Luino*, 10 h. 42. — Arrivée à *Sesto-Calende*, 12 h. 05. Trajet à pied à travers les moraines jusqu'à *Borgo-Ticino*. — Départ de *Borgo-Ticino*, 4 h. 12. — Arrivée à *Ivrea*, 8 h. 17 soir. Quartier à *Ivrea*: Scudo di Francia.

Mardi 18 septembre.

Amphithéâtre morainique d'*Ivrée*, traversée de la *Serra*, en voitures, dans la direction de *Biella*. Moraines internes et externes. — Arrivée à *Milan*, 9 h. 13 soir. Quartier à *Milan*:

Mercredi 19 septembre.

Départ de *Milan*, 6 h. 10 matin. — Arrivée à *Lonato*, 9 h. — De *Lonato* en voitures à travers les moraines internes et externes à *Salò*, où dîner. — Départ de *Salò*, 4 h. 43 soir par bateau à vapeur. — Arrivée à *Riva*, 7 h. 30. Quartier à *Riva* (Süd-Tirol): Sonne.

Jeudi 20 septembre.

Départ de *Riva*, 6 h. 20 matin. Déjeuner à *Bozen*. Dîner à *Franzensfeste*. — Arrivée à *Matrei*, 3 h. 43 soir. — De *Matrei*, en voitures par la route du Brenner à *Innsbruck*. — Dépôts glaciaires de retrait, interstadias, etc. Quartier à *Innsbruck*: Hôtel Kreid.

(Suite à p. 3 de la couverture.)

LE SYSTÈME GLACIAIRE DES ALPES

GUIDE PUBLIÉ A L'OCCASION DU CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

(6^{me} session à Zürich 1894)

PAR MM.

Prof. Dr A. Penck, Prof. Dr Ed. Brückner, Dr Léon Du Pasquier

ADDITIONS ET CORRECTIONS

- P. 10. Fig. 1. La lettre ε , invisible dans la figure, se rapporte à la partie à hâchures horizontales, située à gauche des moraines Z.
- P. 16. Note 1. 3^{me} ligne. Lire distinguées.
4^{me} » En outre.
- P. 21. Ajouter à la bibliographie du chap. I :
Brückner: Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Wien, 1885. — *Gutzwiller*: Die Diluvialbildungen der Umgegend von Basel. (Verh. naturf. Ges. Basel. X. Hft. 3.)
- P. 26. Mêmes additions à la bibliographie du chap. II.
- P. 30. Ajouter à la bibliographie du chap. III :
Bericht über die Exkursion des X. Deutschen Geographentages nach Ober-Schwaben und dem Bodensee (10-14 April 1893). Unter Mitwirkung von *Ed. Brückner*, *Herm. Credner*, *E. Schumacher* und *Hans Thürach*. Verfasst von *Albrecht Penck*. (Verh. d. X. D. Geographentages zu Stuttgart. Berlin 1893, p. 216.)
- P. 30-35. Il faut remarquer que les participants à l'excursion du X^{me} D. Geographentag se sont exprimés d'une manière beaucoup plus décisive que l'auteur de ce chap. III (L. D. P.) sur plusieurs points touchés ici, notamment en faveur de l'âge interglaciaire du tuf de Flurlingen. Dans son travail paru à peu près simultanément au *Bericht*, *M. Gutzwiller* a soutenu l'âge postglaciaire de ce gisement en se basant sur sa faune. Malgré l'opinion arrêtée de certains d'entre nous, nous n'avons pas cru devoir influencer les excursionnistes de 1894 qui auront l'occasion de voir les choses de leurs propres yeux.
- P. 31. Lignes 19 et 25. Lire jurassienne au lieu de jurassique.
- P. 33. Lignes 4 et 5. Lire *hochterrassenschotter* et *deckenschotter*.
Note 1. Lire Genève.
- P. 33. La dernière phrase du texte: ... *faune qui rattache nos stations préhistoriques à des termes connus...* devait se trouver en note comme rapportant l'opinion de M. Boule, opinion que nous ne partageons pas tous.

- P. 34. Ligne 15. Lire *deckenschotter*.
Note 1. Lire *Kalktuff*.
- P. 41. Ligne 3 à partir d'en bas. Lire l'*altitude*.
- P. 46. VI. Bibliographie. Ajouter à Stoppani: *Era neozoica*, p. 90.
- P. 51. Légende de la carte: *Z* = moraines internes; *Yy* moraines externes et alluvions des hautes terrasses; *x* moraines anciennes; *x* coupes.
Extrait de la carte, etc. Tav. Bedizzole: F. 47. I. S.-E. et Salò: F. 48. IV. N.-O.
- P. 52. Fig. 11. Le *N* est à gauche, le *S* à droite.
- P. 57. Note 1, avant-dernière ligne. Lire 1822 au lieu de 1882.
- P. 59 et suiv. Lire *brèche*.
- P. 59. Ajouter à la dernière ligne: p. 479.
- P. 64. Ligne 11. Le ravin à l'est de la *Höttinger-Alpe* porte le nom de *Rossfallahner*, voir la carte.
- P. 75. Lignes 3 et 4 à partir d'en bas. Lire *Sauerlach* au lieu de *Saverlach*.
- P. 77. A *y*) Lire *alluvion grossière*.
- P. 79. Coupe de *Plaike*. Le *z* manque dans la partie à hachures: — — —
- P. 81. Ligne 4 à partir d'en bas. Lire *deckenschotter*.
- P. 83. Note 1. Ajouter: 1893, p. 304.
- P. 84. Ligne 12. Lire *de l'alluvion glaciaire* au lieu de *du schotter*.
- P. 85. Fig. 17. Le *z* des moraines néoglaciales qui manque devrait se trouver, comme ailleurs, dans le terrain à petits cercles.

COUVERTURE

Journée du 17 septembre. Le départ du bateau à vapeur indiqué à 7 h. 06 du matin étant sujet à des changements fréquents, MM. les participants sont priés de s'informer de l'heure exacte de départ du bateau de *Ponte-Tresa*.

Journée du 18 septembre. Quartier à **Milan, hôtel du Nord.**

SOMMAIRE



PARTIE GÉNÉRALE

- I. **Dépôts de la dernière glaciation**, page 7. — *Définitions et classification*, 7. — *Structure intérieure et allure superficielle*, 8. — Paysage morainique, 9. — Dépression centrale, 9. — Amphithéâtre morainique, 9. — Cône de transition, 9. — *Genèse*, 10. — *Succession des complexes*, 11. — Leur imbrication, 11. — *Résumé*, 12.
- II. **Dépôts plus anciens**, 13. — Couches d'altération, 13. — Ferretto, 14. — Moraines externes et moraines internes, 14. — Superposition des moraines internes aux externes, 14. — Emboîtement des moraines internes dans les externes, 15. — Superposition et emboîtement des alluvions, 16. — Alluvion des plateaux = deckenschotter, des hautes terrasses = hochterrassenschotter, des terrasses basses = niederterrassenschotter, 16. — *Résumé*, 17.
- III. **Formations interglaciaires**, 17. — Epoques interglaciaires, 17. — Dépôts interstadias, 18. — Le lœss alpin, 18. — Le lehm, 19.
- IV. **Formations de barrage**, 20.

PARTIE SPÉCIALE

- I. **Les moraines terminales du glacier de la Reuss à Meltingen**, 21. — L'amphithéâtre, 22. — Le cône de transition, 23. — Excursion en partant de Brugg, 24. — Phase de grande extension de la dernière époque glaciaire, 25.
- II. **Les alluvions glaciaires**, 26. — Les terrasses basses du nord de la Suisse, 26. — L'alluvion des plateaux, 27. — La Beznau, 27. — La haute terrasse, 29.
- III. **La contrée de Schaffhouse**, 30. — L'amphithéâtre, 30. — Les terrasses basses, Klettgau et Rafzerfeld, 31. — Les trois étages fluvioglaciaires du Klettgau, 31. — Le Schweizersbild, 33. — Le tuf calcaire de Flurlingen, 34. — La chute du Rhin, 35.
- IV. **Les moraines du lac Majeur**, 36. — Le lac, 36. — Dépôts de Luino, 37. — Delta d'Intra, 37. — Moraines d'Arona, Borgo-Ticino, Sesto-Calende, 37. — Terrasse basse, 38. — Moraines internes superposées aux externes, 39.

- V. **L'amphithéâtre morainique d'Ivrée**, 41. — La Serra, 42. — D'Ivrée à Biella, 43. — Superposition de moraines internes aux externes au sommet de la Serra, 44.
- VI. **L'amphithéâtre morainique du lac de Garde**, 46. — La cuvette, 46. — Asymétrie entre les deux ailes, 47. — Moraines externes seulement à droite, 47. — De Lonato à Carzago et à Salò, 48. — Superposition de moraines internes sur deux étages distincts d'externes, 49-52. — Déviation du Chiese, 52. — Ancien cours du Chiese, 53.
- VII. **Dépôts glaciaires à l'intérieur des Alpes**. a) *Moraines de retrait*, 53. — Dépôts postglaciaires de la vallée de l'Adige, éboulements et grands cônes de déjection, 54. — Vallée de l'Eisack, 55. — L'irruption du Ganderbach, 55. — Débouché du Pusterthal, 56. — Bassin de Sterzing, 56. — Le Brenner, 56. — b) *Terrasse du Wipptal*, 57-59. — c) *Brèche de Hötting*, 59. — Terrasse de l'Innthal, 60. — La brèche, 60. — Coupes des ravins de Weiherburg, 60. — La carrière Mayr, 63. — La brèche blanche, 64. — La coupe des plantes, 64. — Le Schafstall, 66. — Le Höttinger-Graben, 66. — Le Höttinger-Schutt, 66. — Résumé, 68. — d) *Glaciaire intra-alpin en aval d'Innsbruck*, 69. — Le Gnadenwald, 70. — Dépôt de barrage, 71.
- VIII. **L'amphithéâtre morainique du glacier de l'Inn**, 72. — Dépression de Rosenheim, 72. — Ouest de l'amphithéâtre, 73.
- IX. **La plaine de Munich**, 75. — Limites, 75. — Les vallées sèches, 75. — Le Gleisenthal à Deisenhofen, superposition des trois alluvions, 76. — Superpositions de Höllriegelskreut, 77. — Résumé, 78.
- X. **L'amphithéâtre du glacier de l'Isar**, 81. — Sa nature, 81. — De Mühlthal à Starnberg, superpositions de moraines et d'alluvions, 82. — De Berg à la Rottmannshöhe et à Ammerland, alluvions anciennes polies et striées, 83. — Tutzing, 84. — Dislocation postglaciaire du deckenschotter et genèse du lac, 85.



AVANT-PROPOS

Le Comité du Congrès géologique international (6^{me} session à Zurich en 1894) s'était montré favorable, en principe, à l'idée d'une série d'excursions glaciaires faisant suite au Congrès. Cependant, étant donné que ces excursions ne pouvaient se faire avec tout le fruit désirable sur le territoire suisse exclusivement, il se décida à les abandonner à l'initiative privée.

Dégagés par là de toutes espèces de considérations de nationalité et de territoire, nous avons proposé aux congressistes une excursion spécialement glaciaire, dont le programme a été donné dans les circulaires du Comité du Congrès.

La première partie du travail qui suit indique sommairement les résultats généraux auxquels nous avons été conduits, souvent d'une manière tout à fait indépendante, par l'étude du glaciaire alpin; elle donne ainsi une vue d'ensemble sur un sujet dont

les détails isolés égarent facilement. La seconde partie est un guide succinct aux régions que nous nous proposons de visiter; ce guide-itinéraire étant complété par celui des deux dernières journées du voyage circulaire officiel du Jura, dans lesquelles une section de glacialistes aura l'occasion d'étudier les moraines et les alluvions du Nord de la Suisse.

Quant aux indications bibliographiques qu'on trouvera dans les pages qui suivent, elles ne visent pas à être complètes; il s'agissait plutôt de donner les titres des travaux les plus récents ou les plus remarquables sur les différents sujets traités.



LE SYSTÈME GLACIAIRE DES ALPES

GUIDE PUBLIÉ A L'OCCASION DU CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

6^{me} SESSION A ZURICH EN 1894

par

A. PENCK, D^r ÈS-SC., PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE VIENNE
ED. BRÜCKNER, D^r ÈS-SC., PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE BERNE
LÉON DU PASQUIER, D^r ÈS-SC.

PARTIE GÉNÉRALE

I

DÉPÔTS GLACIAIRES NÉO-PLÉISTOCÈNES

1. Définitions et classification.

Au point de vue de leur origine, les dépôts glaciaires alpins peuvent être rangés sous deux chefs principaux :

- a) Dépôts directement glaciaires ou *glaciaires proprement dits* (moraines);
- b) Dépôts glaciaires remaniés par les eaux ou *fluvio-glaciaires* (alluvions glaciaires).

Les premiers sont des produits du glacier lui-même; ils sont caractérisés par la présence de cailloux polis et striés, souvent aussi par celle de

fragments de roches venant de très loin et cependant encore tout à fait anguleux.

En général, ces dépôts ne sont pas stratifiés et leurs matériaux ne sont pas triés. Il peut cependant se faire qu'on y reconnaisse une stratification irrégulière et confuse.

Les dépôts fluvio-glaciaires, en revanche, portent les traces d'un remaniement par les eaux; leurs éléments sont bien erratiques aussi, mais ils sont usés, roulés, arrondis et déposés comme les galets d'un cours d'eau. Les formations fluvio-glaciaires sont dès lors aussi caractérisées par leur stratification horizontale ou par une alternance de bancs horizontaux limitant des bancs à structure inclinée.

2. Structure intérieure et allure superficielle.

Dans la nature, les formations glaciaire et fluvio-glaciaire sont en relations intimes. En suivant vers l'amont les alluvions fluvio-glaciaires, on remarque que les galets deviennent de plus en plus gros et anguleux, que la stratification perd en régularité jusqu'à ce qu'enfin surviennent les cailloux striés et finalement le glaciaire proprement dit: les moraines.

Entre le glaciaire proprement dit et le fluvio-glaciaire indubitable, il existe une zone de passage ou de transition, caractérisée par un faciès morainique de l'alluvion, par la présence de blocs ou de rares cailloux striés.

Quant aux apparences extérieures de ces formations, on remarque ce qui suit:

Le glaciaire proprement dit présente une surface irrégulière, onduleuse, composée d'une succession de monticules et de vallons marécageux, plus ou

moins parallèles ou concentriques. C'est ce que Desor appelait le *paysage morainique*. Ce paysage morainique entoure une région intérieure en cuvette, souvent occupée par un lac et nommée pour cette raison la *dépression centrale*. De ce groupement de formes résulte quelque chose d'analogue à un amphithéâtre, si bien que l'ensemble de la dépression centrale et de sa circonvallation de moraines a souvent été désigné sous le nom d'*amphithéâtre morainique*.

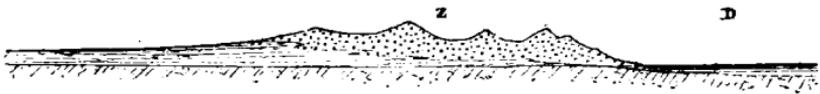
A la convexité du paysage morainique, c'est-à-dire à l'extérieur, à l'aval de l'amphithéâtre, s'appuie le fluvio-glaciaire, formant, à une altitude bien supérieure à celle du fond de la dépression, un vaste plan incliné descendant des moraines. C'est un cône de déjection partant des moraines: le *cône de transition* qui correspond à la zone de transition du glaciaire au fluvio-glaciaire. En aval, ce cône devient de plus en plus plat à mesure que sa structure intérieure gagne en régularité de stratification; c'est la région du fluvio-glaciaire proprement dit, des alluvions glaciaires formant de vastes plaines ou des terrasses régulières.

La région du cône de transition présente souvent dans sa structure des alternances de glaciaire et de fluvio-glaciaire. Les intercalations glaciaires se trouvent soit à la base, soit dans la masse, soit surtout vers la surface des alluvions. Il n'est pas rare de voir dans les coupes profondes de la région des moraines l'alluvion se poursuivre sous le glaciaire, et cela d'autant plus loin en amont que la coupe est plus profonde. Dans la règle cependant, l'alluvion n'atteint guère, sous les moraines, la dépression centrale, celle-ci ne paraît limitée à l'aval que par le glaciaire pro-

prement dit des moraines ou même par un rebord de roche en place: vers l'amont, le fluvio-glaciaire se termine donc en coin sous les moraines.

Le profil normal longitudinal d'un complexe glaciaire et fluvio-glaciaire, tel que nous venons de le décrire, est donc le suivant (voir aussi fig. 7):

Fig. 1.



Complexe glaciaire et fluvio-glaciaire (Coupe générale).

Z, moraine terminale (interne).

z, cône de transition formant l'origine de l'alluvion des basses terrasses.

D, dépression centrale — en amont des moraines — souvent occupée par un lac.

3. Genèse.

Il est facile de se rendre compte de la genèse de ce complexe: devant le front du glacier, les torrents surchargés de matériaux alluvionnaient, tandis que le glacier lui-même déposait, sous forme de moraine terminale, tous les éléments qui ne devenaient pas la proie des eaux. Quant à l'espace occupé par le glacier, aucune accumulation ne s'y produisait, bien plus, il était exposé à la friction glaciaire, ensorte qu'il y avait là, lors du retrait, une cuvette ou dépression centrale limitée par des accumulations morainiques, ou même érodée par le glacier. Cette dépression devait former un lac, si elle n'était pas alluvionnée au fur et à mesure du retrait des glaces, ou si les eaux de dégorgeement ne parvenaient pas à couper la circonvallation morainique. Nous pouvons suivre cette

genèse presque pas à pas à l'extrémité de nos glaciers actuels.

4. Succession des complexes.

En amont des grands amphithéâtres morainiques, nous retrouvons de distance en distance des complexes glaciaires et fluvio-glaciaires absolument analogues à ceux que nous venons de décrire, mais de dimensions beaucoup plus restreintes. Chacun de ces complexes correspond à une phase d'arrêt dans le retrait des glaces. La dimension des amphithéâtres successifs montre que ces phases d'arrêt durent être notablement plus courtes que celle à laquelle correspondent les grandes moraines terminales.

Il résulte de cette succession de complexes que, dans chaque dépression centrale, une alluvion glaciaire plus récente peut recouvrir du glaciaire quelque peu plus ancien, tandis qu'elle est elle-même recouverte par un glaciaire un peu plus récent. Le profil normal de cette succession de complexes, tel qu'il se retrouve dans bien des cas particuliers, peut être représenté comme suit:

Fig. 2.



Succession de complexes glaciaires-fluvioglaciaires imbriqués (Coupe générale).

Z, moraine terminale (interne).

Z', Z'', moraines stadiques (correspondant aux phases successives de retrait).

z, alluvions des basses terrasses.

z', z'', alluvions stadiques correspondant aux moraines Z Z'.

L'ensemble de ces complexes glaciaires et fluvioglaciacaires, imbriqués les uns sur les autres, constitue la série des dépôts d'une seule et même glaciation, composée d'alternatives de crues et de décrues, de phases d'arrêt et de retrait.

Il ne peut être tiré aucune conclusion générale sur la répétition des périodes glaciaires d'une succession pareille, dans laquelle les divers éléments fluviaux et glaciaires sont bien superposés, mais non pas séparés les uns des autres par un profond hiatus chronologique.

5. Résumé.

A chaque phase d'arrêt d'une glaciation correspond un complexe glaciaire et fluvioglaciacaire de moraines et d'alluvions formant un tout contemporain de genèse indissoluble.

Le plus important de ces complexes prend son origine à la région dès longtemps reconnue comme ayant été le lieu d'arrêt principal de la dernière grande extension des glaces (les moraines terminales dites internes).

Vers l'amont, d'autres complexes secondaires s'imbriquent souvent sur celui-ci, puis les uns sur les autres, donnant lieu à des terrasses de plus en plus élevées.

L'ensemble de ces complexes forme un tout : les dépôts d'une époque : une série glaciaire.

II

DÉPOTS PLUS ANCIENS

Toute coupe profonde pratiquée dans le terrain naturel donne lieu à une distinction fondamentale entre une couche superficielle plus ou moins altérée par les agents atmosphériques et biologiques et une masse profonde non décomposée. La couche altérée passe graduellement à la masse encore fraîche; leur limite commune n'est pas une surface régulière, mais présente des poches, des apophyses décomposées, se prolongeant dans la roche normale (orgues). Le degré d'altération superficielle est variable suivant la nature du terrain, le climat de la contrée, l'importance des cultures et surtout suivant la longueur du temps pendant lequel la roche a été exposée aux agents atmosphériques.

La couche d'altération des grands amphithéâtres morainiques et des alluvions qui en descendent n'atteint pas, au nord des Alpes, plus de 30 à 50 centimètres en moyenne. Au sud des Alpes, elle est souvent un peu plus forte. On peut dire cependant, d'une manière générale, que l'altération des grandes moraines terminales de la glaciation alpine est négligeable.

Au delà de cette limite de l'extension glaciaire, on trouve fréquemment des moraines et des alluvions altérées superficiellement jusqu'à plusieurs mètres de profondeur, de telle façon que les éléments calcaires en ont disparu et qu'une grande quantité de galets cristallins sont entièrement décomposés, kaolinisés, devenus friables jusqu'à pouvoir être coupés au couteau. Les éléments siliceux, argileux et ferrugineux prédominent, ces derniers prêtant souvent aux cou-

ches altérées une teinte rouge brique caractéristique ; c'est à ces produits d'altérations de moraines ou de graviers stratifiés que les géologues lombards ont donné le nom très satisfaisant de *ferretto*.

Ces moraines, auxquelles leur degré d'altération prête un aspect très ancien, occupent par rapport aux amphithéâtres non altérés une position extérieure ; elles ont été pour cette raison appelées *moraines externes*, tandis que les moraines terminales fraîches sont connues sous le nom de *moraines internes*.

Il y a un contraste frappant entre les moraines extérieures profondément altérées, aux formes adoucies par le temps et les agents destructeurs, et les moraines intérieures avec leurs formes abruptes, les blocs erratiques qui les couronnent souvent et leur donnent une apparence plus jeune, comme on l'a remarqué depuis longtemps.

Sur plusieurs points, on constate dans des coupes que les moraines externes et les internes ne sont pas simplement juxtaposées dans l'espace, mais que les internes sont superposées aux externes et à leur couche d'altération : *les moraines externes avec leur couche d'altération passent sous les moraines internes*.

Voici le profil normal de cette superposition :

Fig. 3.



**Superposition des moraines internes aux moraines externes
(Coupe générale).**

Z, moraine terminale (interne).

z, alluvion des basses terrasses.

L, lœss ou lehm.

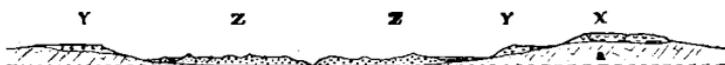
Fy, couche d'altération de Y (Ferretto).

Y, moraine (externe).

Plus souvent encore se présente un autre cas. Pendant l'espace de temps compris entre le dépôt des moraines Y (externes) et celui des moraines Z (internes), c'est-à-dire pendant le temps correspondant à l'altération des moraines externes, de puissants ravinements eurent lieu, des vallées furent creusées au sein des moraines extérieures. Cela étant, les moraines internes furent déposées dans ces vallées à un niveau inférieur à celui occupé par les externes, elles ne leur sont plus que rarement superposées.

Le profil normal que, pour plus de clarté, nous prenons transversal, devient alors celui que représente la figure 4. (Voir aussi fig. 10.)

Fig. 4.



Emboîtement des moraines (Coupe générale).

Z, moraines terminales (internes).

Y, moraines plus anciennes (externes), couvertes de lèss et de lehm.

X, roche en place.

Il n'y a donc plus là *superposition*, mais *emboîtement* des moraines et de leurs alluvions respectives les unes dans les autres.

Les conclusions à tirer de ces faits, quant à l'âge relatif des moraines Y et Z, sont les mêmes, qu'il s'agisse de superposition ou d'emboîtement. Entre Y et Z nous avons: soit une altération subaérienne puissante, incomparablement plus considérable que celle qui s'est produite depuis l'époque des grandes moraines terminales jusqu'à nos jours, soit une érosion profonde, incomparablement plus intense que

celle qui a eu lieu depuis cette même époque des grandes moraines terminales, sur le même territoire.

Ajoutons que ce n'est pas une seule superposition, un seul emboîtement que nous pouvons directement constater : il y en a deux. Les moraines extérieures sont, en effet, divisées elles-mêmes en deux étages superposés ou emboîtés, séparés l'un de l'autre aussi bien qu'ils le sont des moraines internes, soit par des couches d'altération subaérienne, soit par des ravinements profonds.

Ainsi que leurs moraines respectives, les alluvions correspondant à ces trois étages glaciaires d'âges différents sont aussi superposées les unes aux autres ou emboîtées les unes dans les autres. Dans le premier cas, elles sont séparées par des couches d'altération se prolongeant en apophyses dans les masses plus anciennes.

Enfin, les moraines de l'étage le plus récent étant en général, comme nous l'avons vu, intérieures aux autres, il arrive que leurs alluvions sont superposées aux moraines externes ou leur sont emboîtées. (Voir fig. 3.)

Le faciès à emboîtement des divers niveaux les uns dans les autres ayant été reconnu avant le faciès à superposition, on a désigné les alluvions de l'étage le plus ancien X comme *alluvions des plateaux* (Deckenschotter), celles de l'étage intermédiaire Y comme *alluvions des terrasses hautes* (Hochterrassenschotter), celles de l'étage le plus récent Z comme *alluvions des terrasses basses* (Niederterrassenschotter) ¹.

¹ En Bavière et en Suisse, on a été conduit au cours des levés géologiques à séparer ces trois subdivisions qui ont dès lors été distinguées sur certaines cartes par des teintes spéciales.

Eu outre, on a constaté que vers l'amont, chacun de ces niveaux passait à des moraines, ce qui, déjà avant toute découverte de superposition de ces moraines, avait fait entrevoir la nécessité d'admettre trois glaciations successives.

Résumé.

Sous l'ensemble des dépôts glaciaires relativement récents, caractérisés par leur altération presque négligeable, on trouve deux autres séries de dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires, séparées l'une de l'autre et séparées de la série plus récente par de puissantes couches d'altération ou de profondes érosions, révélant l'existence entre chaque époque de glaciation d'une époque subaérienne de longue durée. Nous sommes donc fondés à parler d'invasions glaciaires successives du bord des Alpes.

III

FORMATIONS INTERGLACIAIRES

Les couches d'altération ainsi que les érosions qui séparent les divers étages glaciaires, et qui sont dues évidemment à des phénomènes subaériens, sont donc les représentants de longs intervalles de temps entre deux extensions glaciaires successives. Nous appelons ces intervalles *époques interglaciaires*, sans préjuger encore du degré de retrait des glaces qui leur correspondent.

Il y a entre une couche d'altération, considérée comme formation interglaciaire, et les alluvions simplement intercalées entre deux moraines, une différence fondamentale en ce que les alluvions sont elles-mêmes, le plus souvent, d'origine glaciaire et révèlent la présence du glacier à une distance plus ou moins

grande, tandis que les couches d'altération impliquent l'absence du glacier. De plus, des intercalations fluvio-glaciaires entre deux moraines se trouvent fréquemment dans nos vallées, par suite, comme nous l'avons dit, de l'imbrication des complexes les uns sur les autres; elles ne prouvent en général que l'existence, pendant une seule glaciation, de phases d'arrêt et de retrait. Ce ne sont pas des dépôts interglaciaires, mais *interstadiaires* d'une seule et même glaciation. Il est évident que la portée des couches d'altération est bien plus considérable.

Quelle que soit du reste l'importance de ces couches, elles ne sont pas les seules formations interglaciaires.

Le *löss*, tel qu'il se rencontre sur l'avant-terrain nord des Alpes, dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres autour des moraines terminales, est incontestablement interglaciaire.

Jamais le *löss* typique ne se trouve sur les moraines et les alluvions de la dernière glaciation, tandis qu'il recouvre presque partout et toujours les dépôts glaciaires plus anciens. Du reste, il est démontré par des coupes, que le *löss* situé sur les moraines externes et leurs alluvions s'enfonce sous les internes et les terrasses basses. En outre, là où l'alluvion des plateaux est recouverte par celle des hautes terrasses, on trouve quelquefois une couche de *löss* entre les deux. Ainsi la position stratigraphique du *löss* alpin est : soit entre X et Y, soit entre Y et Z.

Nous ne mettons aucunement en doute l'existence de *löss* plus récent, notamment dans les grandes vallées et à une certaine distance des Alpes, mais nous appuyons sur le fait que la grande masse du

lœss du bord des Alpes est interglaciaire et trouve sa place stratigraphique soit entre la dernière et l'avant-dernière glaciation, soit entre celle-ci et la plus ancienne. Cela conduit à distinguer un lœss des terrasses hautes, recouvrant les hautes terrasses, leurs moraines et leurs couches d'altération, d'un lœss des plateaux, plus ancien, recouvrant les alluvions des plateaux leurs moraines et leurs couches d'altération.

Ces relations entre le lœss et les moraines ou les alluvions ne doivent pas être considérées comme génétiques, puisque le lœss se trouve souvent séparé par une couche d'altération des dépôts glaciaires sur lesquels il repose.

Le *lehm*, en connexion si fréquente avec le lœss, n'en est que la couche d'altération, de décalcification superficielle. On comprend dès lors qu'il soit plus développé sur les plateaux que sur les terrasses hautes, puisque le lœss des plateaux doit être plus ancien.

Quant aux zones de *lehm* d'altération postérieures, elles n'existent pas dans le voisinage immédiat des Alpes, comme aussi il n'existe pas dans cette région de dépôts quelque peu importants de lœss postérieur à la dernière glaciation.

Ce qui jusqu'à présent a été pris dans les Alpes pour du lœss récent n'est le plus souvent qu'un limon très sableux ne rentrant pas dans la catégorie du lœss typique.

Mais, ce n'est pas seulement au bord des anciennes glaciations que se rencontrent des dépôts interglaciaires. Il existe dans l'intérieur des vallées alpines des dépôts intercalés entre deux moraines et dont la nature, la composition, la flore, etc., nous disent clairement qu'ils ne sont pas des formations d'origine glaciaire.

Ces dépôts sont très variés et cela se comprend, puisque les vallées ont été de tout temps des lieux d'accumulation simultanée de produits très divers: cônes de déjection, éboulements, alluvions lacustres, tourbières, etc.

Chacun de ces dépôts des vallées doit être étudié pour lui-même avant que sa nature interglaciaire puisse être affirmée. Ils sont cependant d'une grande importance, puisqu'ils nous permettent seuls de constater pendant les périodes dites interglaciaires le retrait d'un glacier jusqu'au cœur même des Alpes.

IV

DÉPÔTS DE BARRAGE GLACIAIRE

Outre les dépôts issus plus ou moins directement du glacier, les moraines et les alluvions, nous rencontrons encore, surtout dans l'intérieur des vallées alpines, diverses accumulations formées évidemment sur les bords de l'ancien glacier. Là où un glacier passait devant une vallée non glaciée elle-même, le dégorgeement de cette vallée se trouvant gêné, son cours d'eau alluvionnait, remplissant ainsi la vallée secondaire d'une masse parfois très puissante de graviers stratifiés, de sables ou d'argiles, souvent intimement reliés avec les moraines latérales du glacier qui les occasionnait.

Nous réservons à ces formations le nom de dépôts de *barrage glaciaire*; la plupart d'entre eux appartiennent, on le comprend, à la dernière glaciation.

PARTIE SPÉCIALE

—

I

LES MORAINES TERMINALES DU GLACIER DE LA REUSS

A. MELLINGEN

BIBLIOGRAPHIE

Mühlberg: Ueber die erratischen Bildungen im Aargau. Aarau, 1869.

— Zweiter Bericht über die Untersuchung der erratischen Bildungen im Aargau. Aarau, 1875.

Léon Du Pasquier: Ueber die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz. Bern, 1891. (Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. 31.)

— Les alluvions glaciaires du nord de la Suisse, etc. Archives des Sciences phys. et nat. 3. XXVI. 1891.

CARTES

Atlas Dufour 1:100000, feuilles III et VIII.

Atlas topographique 1:25000, feuilles 38 et 154.

Par la netteté de ses caractères extérieurs et la facilité qu'on a d'en embrasser d'un regard l'ensemble, l'amphithéâtre de *Mellingen* est peut-être le plus remarquable des amphithéâtres nord-alpins.

Pittoresquement située au bord de la *Reuss*, la petite ville de Mellingen occupe le fond de la dépression centrale à 355 mètres d'altitude. A l'est, au nord et à l'ouest, elle est environnée par une puissante circonvallation de moraines, atteignant l'altitude de 435 mètres, et qui, s'appuyant aux flancs molassiques de la vallée, ferme complètement l'horizon nord. Ce n'est qu'au sud, c'est-à-dire vers l'amont, que la vallée paraît ouverte, laissant apercevoir une portion de la chaîne des Alpes. Le fond presque plat de la dépression a une étendue de 1000 à 1200 mètres en long et d'autant en large; il est limité au sud-ouest et au nord-est par les flancs gauche et droit de la vallée, formés de molasse et abondamment recouverts de glaciaire; au nord et à l'ouest, il n'y a guère que du glaciaire s'élevant en pente de 8 à 15⁰/₀ jusqu'au premier rempart de la circonvallation. Les points culminants de ce rempart sont à 420 ou 425 mètres environ¹. Le chemin de fer de *Baden* à *Lenzbourg* suit ce rempart et le traverse, les coupes ne montrent que du glaciaire à gros blocs et des intercalations de graviers stratifiés; au niveau de la *Reuss* les fondations du viaduc ont été faites également dans le glaciaire. Les formes extérieures de cet arc morainique sont, par places, encore tellement bien conservées que, sans son épais manteau de végétation, on pourrait le tenir pour tout récent; de nombreux blocs erratiques sont parsemés à sa surface, dans les forêts, surtout là où les cultures ne

¹ La fig. 1 représente à quelques détails près le profil longitudinal de l'amphithéâtre de *Mellingen*, le lac figuré dans la dépression n'existe pas à Mellingen. La coupe transversale est à peu près celle de la fig. 4.

les ont pas fait disparaître; enfin, les coupes témoignent d'une altération superficielle très minime.

Vers l'extérieur, deux autres arcs distincts et un troisième qui l'est moins succèdent à celui-ci. Parfois bifurqués, le plus souvent séparés les uns des autres par des vallonnements, ces arcs donnent quelque idée du paysage morainique. Plus loin, vers le nord et le nord-ouest, les blocs erratiques superficiels cessent, les petites coupes rares ne montrent presque plus que des graviers stratifiés. Nous nous trouvons au bord d'une grande plaine cultivée, de 15 à 20 kilomètres carrés, en apparence absolument plate; l'altitude est ici de 405 mètres, soit de 50 mètres supérieure au fond de la dépression centrale, et d'une vingtaine de mètres inférieure aux points culminants des moraines: c'est le *Birrfeld*, le cône de transition du glacier de la Reuss, et l'une des origines des alluvions glaciaires du nord de la Suisse. En effet, toutes les coupes qui y ont été pratiquées, tant pour la ligne du chemin de fer de *Brugg* à *Othmarsingen* que dans d'autres buts, y montrent des graviers régulièrement stratifiés, dont les éléments, par leur nature les mêmes que ceux des moraines, portent les traces d'un remaniement fluvial. Près des moraines, on trouve fréquemment dans l'alluvion de vrais blocs erratiques anguleux, de dimensions souvent considérables, et plus près encore, des cailloux striés; les uns et les autres démontrent l'équivalence, le synchronisme des moraines et des alluvions, ce dont, au reste, la topographie elle-même ne permet guère de douter.

Cette alluvion des *terrasses basses* avec sa pente douce vers le nord et le nord-ouest, traverse la chaîne de la *Lägern-Habsburg* par l'échancrure de *Hausen*

et par celle de la *Reuss*; elle rejoint à *Turgi* les alluvions basses des glaciers de l'*Aare* et de la *Linth*¹.

Les grandes moraines terminales de *Mellingen* ne marquent pas les limites d'extension absolues de l'ancien glacier de la *Reuss*. Les versants qui émer-

¹ La disposition des voies de communications du nord de la Suisse fera que le plus souvent on visitera l'amphithéâtre de *Mellingen* en partant de *Brugg*. La station de *Brugg* est située à 355 mètres d'altitude, un peu en contre-bas d'une terrasse dont le bord est, au sud de la station, à la cote de 360 mètres; une exploitation de graviers parfaitement stratifiés montre les caractères de l'alluvion des terrasses basses de la région. En suivant la continuation de la terrasse vers le sud, on arrive à *Hausen*, et, passant à travers l'anticlinal coupé *Habsburg-Eitenberg* où affleure le *Muschelkalk*, on atteint la vaste plaine de graviers du *Birrfeld*. Suivant de près la voie ferrée, on rencontre près de la station de *Birrfeld* une ancienne coupe de graviers stratifiés, actuellement recouverte de végétation; puis, au croisement de la route et du chemin de fer, une autre, encore en exploitation, présentant fréquemment, au milieu même de l'alluvion, des blocs erratiques. Enfin, près de la bifurcation des routes de *Brunegg* et de *Mägenwyl*, une petite exploitation, aujourd'hui abandonnée, présente des graviers en stratification confuse contenant déjà des cailloux striés. La surface de la plaine, jusqu'ici plate, devient onduleuse, la moraine commence à l'est de la route de *Mägenwyl*, sous forme de petits dos émergeant çà et là de la plaine dans la direction du N.-E., à l'ouest la ligne entre en tranchée dans les moraines d'*Othmarsingen*. Un dos plus allongé de direction N.-N.-E. S.-S.-O. aboutit à la station de *Mägenwyl*. La route commence à descendre, mais rencontre bientôt un rempart distinct de même direction N.-E., qu'elle traverse en une coupe où se voit la moraine limoneuse à blocs et à cailloux striés. Puis la route descend de plus en plus, on traverse un vallonnement parallèle aux moraines, le *Mütztal*, et on atteint l'arc intérieur de formes remarquables. Au-delà, le terrain s'abaisse rapidement vers la dépression centrale. En prenant avant cet arc, par le *Mütztal*, puis par la voie ferrée, on traverse et re-traverse ce rempart intérieur en tranchées profondes, aux flancs desquelles se voient encore de nombreux blocs erratiques, surtout de nagelfluh miocène type du *Rigi*. Entre les deux tranchées, le pont du chemin de fer, fondé dans la moraine, procure une bonne vue d'ensemble sur la dépression centrale en contre-bas de 50 mètres. A la station de *Mellingen*, une grande coupe présente de la moraine graveleuse à nombreux cailloux striés, entremêlée d'alluvions stratifiées. Plus loin, le chemin de fer traverse une dernière ligne de dômes morainiques, puis le cône de transition assez plat formant le prolongement du *Birrfeld*, et s'enfonce enfin peu avant *Dättwyl* dans la molasse du flanc droit de la vallée.

gent des terrasses basses portent fréquemment encore des dépôts glaciaires de moindre importance, mais presque tous ces dépôts étant beaucoup plus profondément altérés que ceux des amphithéâtres et étant en outre recouverts de lehm ou de lœss, nous devons les rattacher à une glaciation antérieure.

Quelques-uns de ces lambeaux glaciaires, situés au-delà des moraines terminales, sont, à vrai dire, encore tout aussi frais que celles-ci; comme ils sont en outre dépourvus de manteau de lehm, il semble qu'on n'ait pas de motifs de les séparer des dépôts de la dernière glaciation et qu'il faille admettre que pendant cette époque il y ait eu d'abord une phase de plus grande extension des glaces, correspondant à ces dépôts, puis une phase plus longue de moindre extension, de stagnation, marquée par le dépôt de nos grandes moraines terminales et de leurs puissantes nappes d'alluvions : les terrasses basses.

Il faut remarquer ici que les indices de cette phase de plus grande extension de la dernière époque glaciaire ne sont marqués que jusqu'à peu de kilomètres en aval des moraines terminales, tandis que les traces de l'avant-dernière glaciation se constatent jusque non loin de *Bâle*, dans tout le nord de la Suisse.

II

LES ALLUVIONS GLACIAIRES

BIBLIOGRAPHIE

Léon Du Pasquier: Ueber die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz. Bern, 1891.

CARTES

Atlas Dufour 1 : 100000, feuille III.

Atlas topographique 1 : 25000, feuilles 38. 36. 22. 21.

Le confluent de l'*Aare*, de la *Reuss* et de la *Limmat*, à *Turgi*, marque le point où se rencontrent les alluvions des basses terrasses des glaciers de l'*Aare*, de la *Reuss* et de la *Linth*. Ces dernières forment, au nord de *Turgi*, de vastes terrasses dont le bord extérieur, à l'altitude de 370 mètres environ, domine d'une quarantaine de mètres le lit du fleuve. Tout en s'abaissant graduellement, ces terrasses se poursuivent jusqu'à *Waldshut*, où elles s'unissent à celles du *Rhin*, puis, avec ces dernières, jusqu'à *Bâle*¹. Leur hauteur au-dessus du *Rhin* n'est plus à *Bâle* que d'une trentaine de mètres.

Entre *Vogelsang* et *Stilli*, l'*Aare* traverse un défilé formé par le *Bruggerberg* à gauche, et le *Siggenberg*

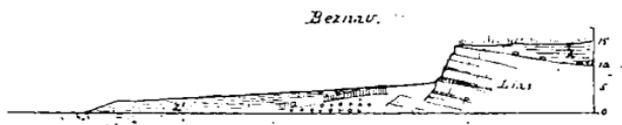
¹ De *Bâle* à *Mölin*, la voie ferrée est presque toujours construite sur la terrasse basse. 1,5 kilomètre à l'est de la station de *Mölin*, elle traverse en tranchée la terrasse haute recouverte de loess du *Mölinerfeld*.

à droite. Ces deux montagnes sont couronnées par une alluvion de faciès différent de celles des terrasses basses: elle est fortement agglutinée par un ciment calcaire et ne renferme que des galets d'un nombre restreint de roches alpines; sa surface est fortement altérée et souvent couverte de lehm. C'est l'alluvion des plateaux, que nous voyons former la surface de presque toutes les montagnes du nord-est de la Suisse — pour autant que leur altitude n'est pas trop considérable. — Elle est fluvio-glaciaire comme le montrent les intercalations morainiques de sa zone d'amont.

L'*Aare* coule d'abord profondément encaissée dans la terrasse basse dont les alluvions se présentent çà et là, sous forme de bancs conglomérés — *l'agglutination des graviers ne leur confère donc pas nécessairement un âge ancien.*

Peu avant la *Beznau*, l'*Aare* coupe un récif de roche en place, plongeant doucement au sud et montrant le dogger et le lias sur lesquels repose directement l'alluvion. La base de l'alluvion contient, ici comme partout, de gros galets céphalaires et hypercéphalaires, parmi lesquels ceux du dogger du récif sont nombreux. A l'aval du récif, le lias est coupé en une falaise à regard nord, dans l'angle mort de laquelle on reconnaît une moraine à éléments en majeure partie calcaires alpins (voir fig. 5). Cette moraine est-elle encore un témoin avancé de la période de grande extension de la dernière époque glaciaire, ou bien devons-nous la rapporter à l'époque antérieure des moraines externes?

Fig. 5.



Moraine de la Beznau.

Echelles: Longueurs 1:25000. Hauteurs 1:2000.

z, z', alluvion des terrasses basses reposant à droite sur le lias, à gauche sur le lehm et la moraine.

Les deux opinions sont soutenables. D'abord, il faut avouer que la fraîcheur apparente de cette moraine n'est pas faite pour lui donner un aspect ancien, on serait donc tenté de se décider en faveur de la dernière glaciation, si, d'autre part, il était possible de retrouver, encore à cette distance des moraines terminales, du glaciaire appartenant sûrement à la dernière époque, ce qui n'est pas le cas. En outre, par sa composition en majeure partie calcaire, cette moraine ne se rapproche pas des dépôts néoglaciaux (grandes moraines terminales et terrasses basses) du nord de la Suisse. De plus, on remarque qu'elle est recouverte par une couche d'un lehm sableux, parfois calcaire, qui n'est pas sans analogie avec le loess remanié; ce lehm lui-même étant surmonté par l'alluvion des basses terrasses, il n'y a, entre l'alluvion néoglaciale et la moraine, aucune relation génétique, les deux dépôts sont séparés par le lehm. Le fait que la surface de la moraine sous le lehm n'est pas altérée est sans doute une objection très valable, mais convenons que sur ce point bas du fond de la vallée, la moraine eût bien pu subir, avant le dépôt

du lehm, des érosions qui auraient fait disparaître sa couche d'altération.

Au nord de *Böttstein*, se voit un nouvel étage de terrasses dominant de près de 60 mètres les terrasses basses. Cet étage est représenté sur la rive droite par une grande étendue à surface ondulée, située entre *Würenlingen*, *Endingen* et *Degerfelden*; il se retrouve plus en aval dans les terrasses au nord de *Klingnau* et au nord-ouest de *Leuggern*. Le caractère commun

Fig. 6.



Coupe transversale de la vallée de l'Aare.

Echelles : Longueurs 1 : 100000. Hauteurs 1 : 25000.

z, alluvion des terrasses basses.

y, alluvion des terrasses hautes recouvertes de moraines et de lœss-lehm.

x, alluvion des plateaux couverte de lœss-lehm L.

j, jurassique en place.

de toutes ces *terrasses hautes* est d'être recouvertes de lehm et de lœss; elles représentent un comblement fluvio-glaciaire plus ancien que celui des terrasses basses et en connexion fréquente avec de petits lambeaux du glaciaire extérieur recouvert de lœss. D'autre part, elles ne peuvent être parallélisées avec l'alluvion des plateaux dont elles diffèrent par la composition, par le degré d'altération moins fort et par le fait qu'on y a trouvé de l'alluvion des plateaux en galets, tout comme l'alluvion des hautes terrasses

elle-même a fourni des galets à celle des terrasses basses.

Nous reconnaissons déjà, plus ou moins clairement dans cette région, l'emboîtement de trois étages fluvio-glaciaires distincts: l'alluvion des plateaux, celle des hautes terrasses et celle des terrasses basses, correspondant à nos trois moraines, X, Y et Z paléoglaciale, mésoglaciale et néoglaciale (voir fig. 6).

III

LA CONTRÉE DE SCHAFFHOUSE

BIBLIOGRAPHIE

Brückner: Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Wien, 1885.

L. Du Pasquier: Fluvio-glaciaire Ablagerungen, etc.

Gutzwiller: Die Diluvialbildungen der Umgegend von Basel. Verh. d. Naturf. Ges. in Basel. X. Hft 3. 1894.

CARTES

Carte topographique de la Suisse 1:100000 Dufour, feuilles III et IV.

Carte topographique 1:25000, feuilles 14, 16, 45.

La grande circonvallation morainique qui s'étend au nord du *lac de Constance* s'appuie vers l'ouest aux flancs du *Randen* et rejoint l'*Irchel* en s'incurvant vers le sud. La ville de *Schaffhouse* est située

immédiatement à l'intérieur de la circonvallation, qui ne présente cependant pas ici les traits de conformation extérieure si saillants dans d'autres amphithéâtres, l'orographie du canton de Schaffhouse étant déterminée par les reliefs de la roche en place, bien plutôt que par les moraines et leurs annexes.

A l'extérieur des grandes moraines terminales, les deux vallées de la région, le *Klettgau* et le *Rafzerfeld*, sont remplies par l'alluvion des basses terrasses partant des moraines situées d'une part à l'*Enge*, à l'entrée du *Klettgau*, d'autre part entre le *Buchberg* et *Lottstetten-Jestetten*, au haut du *Rafzerfeld*.

L'alluvion basse atteint dans la plaine du *Rafzerfeld* son plus grand développement; elle s'appuie sur l'un et l'autre flanc aux versants molassiques de la vallée. Dans le *Klettgau*, au contraire, le *Niederterrassenschotter* n'occupe qu'une zone relativement étroite de la vallée excavée dans un comblement plus ancien d'une vallée jurassique préexistante.

De fait, l'étude détaillée du *Klettgau* a conduit peu à peu ces dernières années à y reconnaître les trois niveaux d'alluvions glaciaires constatés dans le nord de la Suisse; ces trois niveaux étant emboîtés les uns dans les autres et emboîtés eux-mêmes dans la vallée jurassique plus ancienne.

Ces trois alluvions, distinctes par leur composition et les circonstances stratigraphiques dans lesquelles elles se trouvent, existent au sud de *Neunkirch* et y présentent des caractères analogues à leurs congénères de la vallée du *Rhin*.

La plus ancienne, le *Deckenschotter* de l'*Asenberg*, dont la surface dépasse l'altitude de 500 mètres, est remarquable par le degré de son agglutination d'abord,

puis par le fait qu'il est une alluvion nettement alpine, mais dépourvue de galets d'une quantité de roches des Alpes. Les schistes cristallins y sont rares, le verrucano de la Linth (Sernifite), si fréquent dans les autres dépôts glaciaires, y manque, ainsi que les granits du *Julier* et de l'*Albula*, caractéristiques des dépôts néoglaciaires du Rhin. D'autres roches, affleurant actuellement tout près des dépôts d'alluvion des plateaux, lui manquent aussi plus ou moins complètement, ainsi: les phonolites du *Höhgau*. L'alluvion des plateaux se retrouve avec ces mêmes caractères sur la plupart des montagnes entre le Klettgau et le lac inférieur de Constance; au *Stammheimerberg*, elle prend un faciès morainique à cailloux striés.

Une terrasse de 440 mètres environ d'altitude, appuyée contre l'alluvion des plateaux, présente, entre l'*Asenberg* et *Neunkirch*, ainsi qu'au *Schmerlat*, entre *Neunkirch* et *Löhningen*, un faciès différent. D'abord, elle est formée d'alluvions moins conglomérées, puis ces alluvions sont beaucoup plus riches en roches alpines diverses, parmi lesquelles beaucoup de schistes cristallins. Les phonolites du Höhgau ne leur manquent pas, non plus que les sernifites et les diorites de la vallée du Rhin. Enfin, elles contiennent des fragments de Deckenschotter congloméré, ce qui achève de démontrer l'ancienneté plus grande du Deckenschotter.

Ces alluvions, couvertes de lehm, comme du reste l'alluvion des plateaux, passent près de *Neunkirch* à une moraine distincte, couverte de lehm, et qui n'est autre que la moraine externe. La terrasse de 440 mètres est donc une haute terrasse.

La zone étroite du fond de la vallée est occupée

par la troisième alluvion, non agglutinée, non recouverte de lehm, mais contenant tous les galets alpins possibles du bassin du Rhin. On reconnaît en outre dans cette alluvion de très nombreux galets de Hochterrassen- et de Deckenschotter; c'est donc l'alluvion des terrasses basses qui se relie en effet à *Engebrunnen* aux moraines internes.

A l'intérieur des moraines internes de *Schaffhouse*, ou tout au moins en relations étroites avec elles, se trouvent deux dépôts que nous devons mentionner, parce qu'ils ont fait parler d'eux dernièrement.

Au nord de *Schaffhouse*, la moraine terminale interne ne paraît pas très bien marquée; il est cependant certain que le glacier ne pénétra pas bien avant dans les petites vallées de *Hemmenthal* et de *Merishausen*. En se retirant, il déposa à l'entrée de ces vallées une moraine plus ou moins distincte et donna lieu, par sa présence, à un barrage, ensuite duquel le fond de ces petites vallées fut exhaussé par des alluvions stratifiées.

C'est à la surface de ces alluvions, au débouché de la vallée de *Merishausen*, que se trouve la station préhistorique du *Schweizersbild*¹, dont la situation même indique ainsi un âge postglaciaire. Il en est de même de la faune des steppes contenues à la base du gisement, faune qui rattache nos stations préhistoriques à des termes connus de la série pleistocène du nord de l'Allemagne.

¹ Nuesch: Station préhistorique de l'âge du renne, etc. *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Compte rendu des travaux présentés à la 75^{me} session de la Soc. helv. des Sc. nat., à Bâle. Genève, 1892, p. 110 à 117.

Marcellin Boule: La station quaternaire du *Schweizersbild*. Extrait des *Nouvelles Archives des Missions scientifiques et littéraires*. Paris, 1893. (Avec 4 planches et de nombreuses figures.)

Nous n'entrons pas dans d'autres détails sur ce gisement très bien décrit par MM. *Boule* et *Nuesch*; rappelons qu'au-dessus de la couche à rongeurs qui forme sa base, on a constaté deux couches humaines, l'inférieure paléolithique, la supérieure néolithique.

La couche paléolithique renferme de nombreux débris de renne, dont les os sont parfois couverts de dessins.

Un autre dépôt important au point de vue paléontologique est le tuf calcaire de *Flurlingen*, qui vient d'être étudié par *L. Wehrli*¹ et qui se trouve situé sur la rive gauche du Rhin, à l'intérieur des moraines.

La position stratigraphique du tuf surmonté d'une moraine, mais situé au-dessous du niveau du *Deckenschotter*, c'est-à-dire dans une vallée creusée dans cette alluvion, paraît en faire un dépôt antérieur à la dernière grande extension glaciaire. D'autre part, sa flore et surtout sa faune s'accordent mieux avec les flores et faunes postglaciaires et récentes. Il contient en grande quantité des empreintes de feuilles de

Acer pseudoplatanus L.

Quelques restes de :

Buxus sempervirens L.

Fraxinus excelsior L.

Abies pectinata DC., etc.

Tandis que les gastropodes trouvés sont, d'après les déterminations de *F. v. Sandberger* :

¹ Ueber den Kalktuff von Flurlingen bei Schaffhausen. Extr. de la *Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges.* Zürich, 1894, 18 p.

Helix fruticum Müll.

» *incarnata* »

» *arbustorum* L.

» *obvoluta* Müll.

Clausilia biplicata Mont.

Hyalina cellaria Müll.

Succinea Pfeifferi Rossm.

» *oblonga* Drap.

Limneus palustris, var. *curta* Müll.

toutes espèces existant aujourd'hui encore dans la contrée.

Les recherches ultérieures devront montrer si, comme le pense Wehrli, ces flores et faunes doivent désormais être considérées comme interglaciaires, ou si peut-être, les moraines surincombantes seraient déjà les produits d'une phase de retrait du glacier.

Parmi tous les amphithéâtres glaciaires suisses, celui de Schaffhouse est en effet remarquable par ses alluvions stadiques formant des terrasses bien marquées, dont chacune paraît être en relation avec les moraines terminales d'une phase de retrait du glacier du Rhin. Ce phénomène n'a cependant pas été suffisamment étudié jusqu'à présent, pour que nous nous y arrêtions davantage.

Mentionnons encore avant de quitter *Schaffhouse* l'un des phénomènes orographiques les plus remarquables de la région, *la chute du Rhin*, qui est, comme toutes les chutes et rapides du nord de la Suisse, en relations étroites avec la dernière époque glaciaire. Il ressort, en effet, clairement de la configuration du sol et de sa structure géologique que le lit dans lequel coulait le Rhin avant le comblement dû à l'époque glaciaire ne coïncidait pas partout avec le lit actuel; après le retrait des glaces, le fleuve n'a

pas partout réexcavé son lit sur l'emplacement de l'ancien, de là sont résultées les nombreuses barres de roche en place qui traversent de distance en distance son lit actuel. La chute du Rhin n'est que la plus remarquable de ces barres. Mais elle a plus qu'un simple intérêt, elle possède une véritable importance en ce qu'elle règle le niveau du lac de Constance, qui se trouverait être notablement plus bas si le Rhin coulait actuellement dans son chenal préglaciaire.

IV

LES MORAINES DU LAC MAJEUR

BIBLIOGRAPHIE

Taramelli: Note geologiche sul bacino idrografico del Fiume Ticino. (Boll. Soc. Geolog. Ital. IV, 1885.)

Ce travail contient un grand nombre de renseignements bibliographiques.

Sacco: L'Anfiteatro morenico del Lago Maggiore, avec carte. (Ann. R. Accad. d'Agricolt. di Torino. XXXV. 1892.)

CARTE

Feuille *Varese* (31) de la carte topographique d'Italie, au 1:75000 ou au 1:100000.

Le lac *Majeur* ou *Verbano* occupe la dépression centrale allongée du glacier du *Tessin*, qui a déposé ses moraines bien au-dessus du niveau du lac, le

long des flancs de la vallée. L'altitude du Verbano est de 197 mètres, sa profondeur de 372 mètres.

Au bord du lac supérieur, entre *Luino* et *Castello Val Travaglia*, on remarque des dépôts glaciaires étendus, coupés à plusieurs reprises par la ligne du chemin de fer. Au nord de la station de Val Travaglia, environ 20 mètres au-dessus du lac, le long de la voie, se trouvent des graviers stratifiés qui renferment des galets striés. Plusieurs glissements montrent cette formation jusqu'à une altitude de 370 mètres, tant dans les environs de *Germignaga* près Luino, qu'au sud du tunnel de Castello Val Travaglia.

Dans le ravin du *T. Calde* de Val Travaglia, des argiles stratifiées, à débris fossiles végétaux, se superposent à l'alluvion; elles sont elles-mêmes recouvertes d'une moraine de faciès local. Tout ce complexe rappelle la terrasse de la vallée de l'*Inn*.

De la voie ferrée on aperçoit, sur la rive ouest du lac, *Intra* et *Pallanza*, situées sur un ancien delta qui, à l'*Osteria del Plus*, s'élève à 27 mètres au-dessus du lac, soit à l'altitude de 224 mètres.

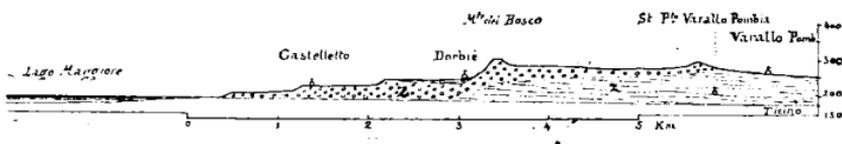
La partie inférieure du lac commence à *Arona*, elle est entourée par les moraines d'*Arona*, *Borgo Ticino*, *Sesto Calende*, dont la disposition est la suivante¹:

Le long de la rive sud, une première terrasse de glaciaire limoneux s'élevant jusqu'à 225 mètres (altitude du delta d'*Intra*), sur cette terrasse *Castelletto sopra Ticino*; plus haut, un large palier à 240 mètres, limité au nord par un bourrelet morainique peu élevé et souvent interrompu; un troisième étage atteignant 305 mètres au *Monte del Bosco*, d'où bonne vue générale de l'amphithéâtre; enfin, un quatrième étage,

¹ Tavoletta III. S.-E. Borgo Ticino de la feuille 31 (1:25000).

s'élevant jusqu'à 340 mètres d'altitude, à l'ouest de *Borgo Ticino*.

Fig. 7.



Coupe en long de l'amphithéâtre du lac Majeur.

Echelles : Longueurs 1:100000. Hauteurs 1:25000.

Z, moraines terminales (internes).

z, alluvions des terrasses basses.

En suivant la rive droite du *Ticino*, en aval de *Sesto Calende*, on trouve, dans la région du premier niveau, du glaciaire limoneux pauvre en cailloux, mais avec indices de refoulements. Une couche de gravier fluvio-glaciaire est coupée à la hauteur du second niveau, tandis que, dans les ravinements des environs de *Dorbiè*, on reconnaît sous les moraines du troisième, une alluvion stratifiée horizontale.

Il est impossible de tracer une limite marquée entre ces moraines et les alluvions. Tout d'abord, celles-ci ne s'élèvent pas à plus de 30 ou 40 mètres au-dessus du Tessin, ce qui est supérieur à la cote de 230 mètres, appartenant à la moraine. Bientôt la limite de la moraine et de l'alluvion s'élève, elle atteint environ 265 mètres à la station de *Varallo-Pombia*, puis, en aval, aux environs de *Varallo*, les alluvions se développent en une grande nappe, formant la plus inférieure des trois terrasses qui accompagnent le Tessin jusqu'à *Novare*. Ce palier inférieur doit dès lors recevoir la dénomination de *basse terrasse*.

Nous voyons donc le long du fleuve les alluvions remplacer peu à peu les moraines, de telle façon que, apparaissant d'abord à la base des moraines, les alluvions gagnent peu à peu en puissance jusqu'à ce qu'enfin les moraines qui les recouvraient d'abord disparaissent de leur surface. Cette limite du glaciaire et du fluvio-glaciaire, ascendante vers l'aval, n'est cependant pas tranchée, la transition étant ménagée par de nombreuses alternances glaciaires et fluvio-glaciaires qui nous font voir clairement que les moraines de la chaîne du Monte del Bosco et les basses terrasses du Tessin sont des dépôts équivalents et synchroniques.

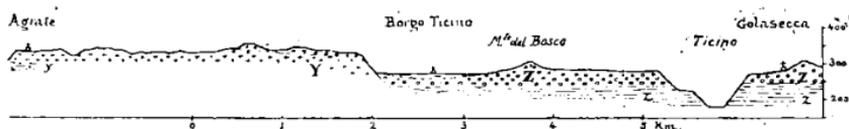
En allant de *Porto Varallo Pombia*, sur le Tessin, vers l'ouest, on voit partout les moraines dépourvues de manteau d'altération; dans quelques fonds seulement apparaît un lehm brun sableux sans consistance, puissant de 2 à 3 mètres. Au sud-ouest de *Borgo Ticino*, on arrive au quatrième étage de moraines.

Il y a là, à la base de la moraine, un lehm compact, rougeâtre, sans calcaire, qui n'est autre qu'un résidu d'altération: le *ferretto*. En le suivant vers le sud-ouest, on rencontre à diverses reprises, dans le *ferretto*, de gros blocs ainsi que quelques cailloux striés de serpentine, qui laissent reconnaître la présence d'une moraine altérée. Les moraines encore fraîches des trois étages intérieurs sont donc vers l'amont superposées à celle-ci, vers l'aval elles disparaissent de la surface, laissant champ libre au *ferretto*, qui occupe dès lors de grandes étendues¹.

¹ Vu le peu de temps disponible pour l'excursion de 1894, il ne sera pas possible d'arriver à la région proprement dite du *ferretto*, non plus que de visiter les coupes des environs d'Agrate Conturbia, etc., où on reconnaît dans le *ferretto* une moraine altérée.

La coupe générale de l'amphithéâtre morainique de *Sesto Calende* est par conséquent :

Fig. 8.



Coupe en travers des moraines du lac Majeur.

Echelles : Longueurs 1 : 100000. Hauteurs 1 : 25000.

Z, moraines terminales (internes).

z, alluvions des terrasses basses.

Y, moraines plus anciennes (externes) couvertes de lehm et de ferretto.

y, alluvion des terrasses hautes.

De *Borgo Ticino* à *Varallo-Pombia*, la ligne du chemin de fer est contenue dans la zone des moraines intérieures. A *Varallo*, elle atteint la haute terrasse du Ticino, couverte d'un lehm lœssiforme et limitée à l'ouest par une surface de ferretto de 50 mètres plus élevée. Les coupes des environs de *Pombia* montrent que la terrasse haute est composée d'une alluvion dont les galets sont moins altérés que ceux du ferretto qui la domine à l'ouest, tandis que la terrasse basse, située 30 mètres plus bas, mais momentanément interrompue à *Pombia*, ne renferme que des galets non altérés.

V

L'AMPHITHÉÂTRE MORAINIQUE D'IVRÉE

BIBLIOGRAPHIE

Ch. Martins et Gastaldi: Essai sur les terrains superficiels de la vallée du Pô aux environs de Turin comparés à ceux de la plaine Suisse. *Bull. Soc. géol.* (2^e sér.), VII, 1849-50, p. 554 (564).

Marco: Studio geologico dell Anfiteatro morenico d'Ivrea. Turin, 1892. (Avec grande carte murale 1:25000 à coloris géologique.)

CARTES

Feuilles 42 Ivrea et 43 Biella des cartes topographiques d'Italie au 1:75000 ou au 1:100000.

C'est avec raison qu'on considère l'amphithéâtre d'Ivrée comme le plus considérable des amphithéâtres de la glaciation alpine.

Deux puissants remparts morainiques prennent leur origine à 900 mètres d'altitude, au débouché de l'étroite vallée de la *Dora Baltea*, s'écartent l'un de l'autre sous un angle de près de 90 degrés, tout en s'abaissant progressivement jusqu'à 500 mètres, et sont ensuite reliés par un arc morainique coupé par la Doire. Cette immense circonvallation, dont l'altitude ne descend nulle part au-dessous de 300 mètres, entoure une plaine de 230 mètres d'altitude moyenne,

au bord de laquelle se trouvent encore deux lacs¹, sans doute les restes d'un ancien lac plus considérable. Un prolongement du flanc gauche de la vallée, d'une altitude approchant de 400 mètres, arrive jusque dans la circonvallation, à *Ivrée*; ce lambeau de roche en place, excessivement poli et usé, donne lieu à un paysage moutonné remarquable, dont les flaques d'eau sombre reflètent les tours de nombreux châteaux et les montagnes qui ferment l'horizon.

Les roches moutonnées, les moraines et un ancien fond de lac comblé constituent les trois types de paysage d'une région autrefois glaciée, représentés à *Ivrée*. Aucun d'eux ne s'impose davantage aux regards que le grand rempart morainique de la *Serra*.

La *Serra*, comme l'indique son nom, est, par les apparences extérieures, un vrai dos de montagne; il a 20 kilomètres de long et est élevé en moyenne de 400 mètres au-dessus du fond actuel de la dépression centrale, l'angle d'inclinaison de son flanc sur l'horizon de la dépression étant de 20 degrés. Une étude plus attentive fait distinguer sur le flanc de la *Serra* un certain nombre de paliers susceptibles d'être suivis au loin et qui marquent autant de phases de retrait du glacier. Si la *Serra* figure un magnifique exemple de la puissance accumulatrice d'un glacier, les coupes qu'elle présente n'en sont pas moins suggestives au point de vue de la structure des amphithéâtres morainiques italiens. Son versant sud-ouest seul est formé par les moraines internes, tandis que sur le versant nord-est nous n'avons que des moraines

¹ Lago di Viverone, profond de 50 m., et lago di Candia, de 7.50 de profondeur. (Voir Giov. de Agostini, *Scandagli e ricerche fisiche sui laghi dell' anfiteatro morenico d'Ivrea*, 1894.)

externes recouvertes de lehm, transformées superficiellement en ferretto et dont la base est constituée par des graviers stratifiés. Du haut de la *Serra*, on remarque très bien le contraste entre les moraines internes semées de blocs erratiques et les externes avec leur manteau de lehm brun-rougeâtre.

Une excursion sur la belle route d'*Ivrea* à *Biella* donne une bonne idée de la constitution de la *Serra*; il est facile aussi de combiner cette excursion avec un crochet dans le paysage moutonné du nord d'*Ivrée*, en prenant par le petit lac *Sirio*¹ le chemin de *Chiaverano* et en rejoignant à *Bollengo* la route de *Biella*². On y voit des roches moutonnées et polies encore, même au milieu de ville, puis de nombreux petits lacs aux teintes sombres dans les intervalles entre les dômes³, les moraines sont rares; ensuite on passe sur la surface du comblement de la dépression centrale, et à *Bollengo* on traverse un remblai morainique détaché de la *Serra*, pour arriver enfin à la *Serra* elle-même, le long de laquelle la nouvelle route monte en serpentant entre deux ravins ou anfractuosités. Aux altitudes de 350, 405, 490 mètres, puis près de *Broglina*, à 510 mètres, se trouvent des paliers dont le dernier est limité vers l'intérieur de la dépression par un rempart morainique qui le domine de 50 mètres et qui porte, plus à l'est, le nom de *Monte Chiaro*. Ce vallonnement, dans lequel se trouve le village de *Zimone*, est interrompu par les deux anfractuosités dont il a été question déjà. Dans celle d'ouest, on

¹ Profond de 43,5 mètres.

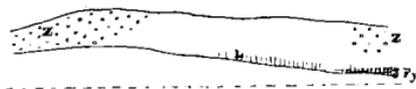
² Tavolette 1 : 25000, 42. II. N.-E. Ivrea; 43. III. N.-O. Azeglio.

³ Le lac de Campagna, de 5 m., et celui de S. Michele, de 18,5 de profondeur.

constate non loin de *Broglina* que le fond du vallon est formé de graviers stratifiés.

Les coupes dans la moraine non altérée et couronnée de blocs continuent jusqu'au sommet de la *Serra*. Alors seulement commence la région du lehm brun-rougeâtre, qui recouvre les hauteurs dans la direction de *Zubierna*. On ne peut reconnaître le long de la nouvelle route les relations stratigraphiques qui existent entre ce lehm et les moraines intérieures; par contre, sur l'ancienne, au sommet même de la *Serra*, les deux formations se trouvent dans des positions relatives telles qu'il n'est pas possible de douter de la superposition des moraines internes sur le lehm.

Fig. 9.



Coupe au sommet de la *Serra*.

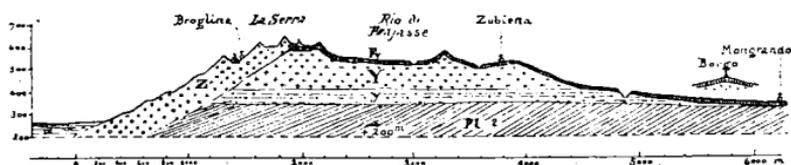
Z, moraine interne.

L, lehm.

Fy, ferretto.

Le faite de la *Serra* est décidément constitué ici par les moraines de la dernière glaciation, tandis que 12 mètres plus au nord, on rencontre déjà le lehm brun, sous lequel le ferretto se montre bientôt, tandis que, au-dessus de lui, à côté de la tranchée, on trouve la moraine intérieure.

Fig. 10.



Coupe du flanc gauche de l'amphithéâtre d'Ivrée.

Echelles : Longueurs 1 : 80000. Hauteurs 1 : 40000.

- Z, moraine terminale (interne).
- z, alluvion néoglaciare.
- Fy, ferretto.
- Y, moraine externe.
- y, alluvion des hautes terrasses.
- Pl, pliocène.

En suivant la vieille route de *Biella*, on arrive à une vallée dont le fond est en partie du lehm brun et en partie du gravier néoglaciare, puis on traverse un dos parallèle à la *Serra*, dont la structure n'est clairement révélée nulle part (probablement moraine extérieure), ensuite, tant le long de l'ancienne que le long de la nouvelle route, le lehm brun surmontant un ferretto à blocs se présente dans toutes les coupes jusqu'à *Zubienna*. Les ravinements du *Rio-di-Prajasse* et du *Rio-della-Valle* montrent la moraine à la base du ferretto. Dans la direction du *Rio-Olobbia*, sur le versant de cette sorte de plateau, la moraine recouvre des alluvions. Cette même série de dépôts se retrouve plus au nord, vers *Mongrando*, où, près du pont sur la *Vionna*, on a des graviers stratifiés, tandis que sur la hauteur de *Borgo* apparaît la moraine recouverte de ferretto.

Entre *Mongrando* et *Biella*, on traverse le vaste cône de déjection du *Cervo* et des rivières voisines, et l'on constate combien les débouchés des vallées alpines jadis glaciées sont différents de ceux des vallées non soumises à la glaciation.

VI

L'AMPHITHÉÂTRE MORAINIQUE DU LAC DE GARDE

BIBLIOGRAPHIE

Stoppani: Era neozoica.

Taramelli: Storia geologica del Lago di Garda. Rovereto, 1894.

CARTES

Feuilles 47 Brescia et 48 Peschiera de la carte topographique d'Italie au 1 : 75000.

Si l'amphithéâtre d'Ivrée est, par la hauteur de ses moraines, le plus imposant du versant sud des Alpes, celui du *lac de Garde* est le plus grand par son extension en surface. La forme en cuvette de la dépression centrale y est restée intacte et le fond du lac descend ici jusqu'à 178 mètres en dessous de sa surface, soit 113 mètres sous le niveau de la mer. Là où les moraines se sont individualisées en remparts indépendants, comme au sud de *Salò*, elles atteignent une altitude de 366 mètres, soit 480 au-dessus du

fond du lac; vues de ce dernier point, elles feraient un effet aussi grandiose que celles d'Ivrée.

L'asymétrie d'élévation de l'amphithéâtre est remarquable, les moraines de gauche restant en moyenne à 100 mètres en dessous du niveau de celles de droite. Les moraines externes aussi ne sont développées que sur l'aile droite, tandis qu'à l'aile gauche les moraines internes passent sans autre aux alluvions, par l'intermédiaire d'un cône de transition ininterrompu. La surface de ce cône s'étend vers l'ouest sous forme d'une plaine de graviers qui s'introduit comme un coin dans l'intervalle séparant les moraines internes des externes. En effet, les moraines externes qui, sur l'aile droite, touchent aux internes, en divergent de plus en plus vers le sud, elles perdent peu à peu leur hauteur, se réduisent à une ligne de dômes séparés les uns des autres et disparaissent enfin près de *Carpenedolo*¹, laissant le champ libre aux alluvions des terrasses basses. Il est probable que plus loin les moraines externes se continuent sous cette alluvion.

L'aile orientale de l'amphithéâtre présente ainsi un seul complexe glaciaire-fluvioglaciare; les alluvions et les moraines sont parallèles, se remplacent dans l'espace, sans se superposer autrement que d'une manière locale à l'extérieur du paysage morainique. Plus on s'approche de l'intérieur, plus les alluvions disparaissent pour faire place à la moraine; au bord du lac, l'alluvion pure n'est coupée nulle part, tout

¹ Dans le lehm superposé à cette moraine, on a trouvé (Déterminations de F. v. Sandberger):

Helix arbustorum L.

» *sericea* Drap.

Chondrula Monodon sp. nov.

est moraine et les graviers stratifiés ne s'approchent du lac que comme intercalations dans les moraines, vers la base de celles-ci. C'est ce que montre la gorge du *Tesino*, non loin de *Garda*, dont l'origine est excavée dans un des derniers prolongements du cône de transition, tandis que son débouché est dans la moraine. Près de *Molini*, sur une longueur de 1,5 kilomètre, l'alluvion est, petit à petit, complètement remplacée par la moraine.

Au contraire, dans l'aile ouest de l'amphithéâtre, on rencontre d'abord, en partant du lac, les moraines internes néoglaciales, puis les externes, coupées en plusieurs points par le *Chiese*. Les ravins aboutissant au *Chiese* font voir que ces moraines externes se subdivisent en deux étages glaciaires distincts superposés; les moraines internes étant elles-mêmes superposées à l'ensemble des externes, il en résulte que nous avons ici trois étages glaciaires distincts, susceptibles d'être suivis sur une grande étendue.

En s'approchant du lac de Garde, la ligne du chemin de fer de *Brescia* à *Verone* court d'abord sur la grande plaine d'alluvions du *Chiese*, de laquelle sortent, à *Castenedolo* et *Ciliverghe*, des monticules de graviers transformés en ferretto, la dernière de ces collines est traversée par la voie. Près de la station de *Ponte San Marco*, on arrive dans la région des moraines externes couvertes de lehm, puis aussitôt après au cône de transition néoglaciale des moraines internes. Ce n'est que près de *Lonato* qu'on se trouve dans les moraines internes proprement dites, formant en ce point un rempart qui atteint environ l'altitude de 200 mètres; la coupe en face de la station de *Lonato* présente une moraine graveleuse

plus ou moins stratifiée. Entre Lonato et le lac, il y a encore deux remparts dont les altitudes décroissantes sont d'environ 150 et 110 mètres.

De *Lonato* vers le nord, dans la direction de *Carzago*, on a, à droite, le grand rempart morainique, précédé ici d'un autre plus bas, sur lequel se trouve le hameau de *Sedena*; à gauche, le cône de transition dans les coupes duquel on trouve encore par ci par là quelques cailloux striés. A l'ouest de *Carzago*, le terrain s'élève un peu, les champs jusque là pierreux deviennent gras, les chemins sont creux et montrent que nous nous trouvons dans le lehm brun, sous lequel apparaît, à l'ouest de *Mocasina*¹, le ferretto.

Là où la route de *Mocasina* à *Ponte Clisi* descend vers le *Chiese*, nous avons de haut en bas le profil suivant :

	1. Lehm brun . . .	2	mètres
Y	{	2. Ferretto . . .	2 »
		3. Moraine profonde . . .	8 »
		4. Gravier stratifié . . .	2 »
	5. Lehm brun . . .	2,5	»
X	6. Ferretto . . .	3	»

Il existe une coupe toute semblable dans le ravin de *Torre* entre *Mocasina* et *Calvagese*; elle présente (à la sortie du ravin) sous le ferretto 6 des lambeaux de glaciaire non encore altéré, reposant sur un gravier fortement congloméré, au-dessous duquel viennent de l'argile, puis une brèche calcaire et enfin un dépôt argileux à cailloux striés de faciès local. Le profil de *Mocasina* se trouve ainsi complété vers le bas de la manière suivante :

¹ Tavoletta 1:25000. F. 47. I. S.-E. Bedizzole. (Voir carte ci-après.)

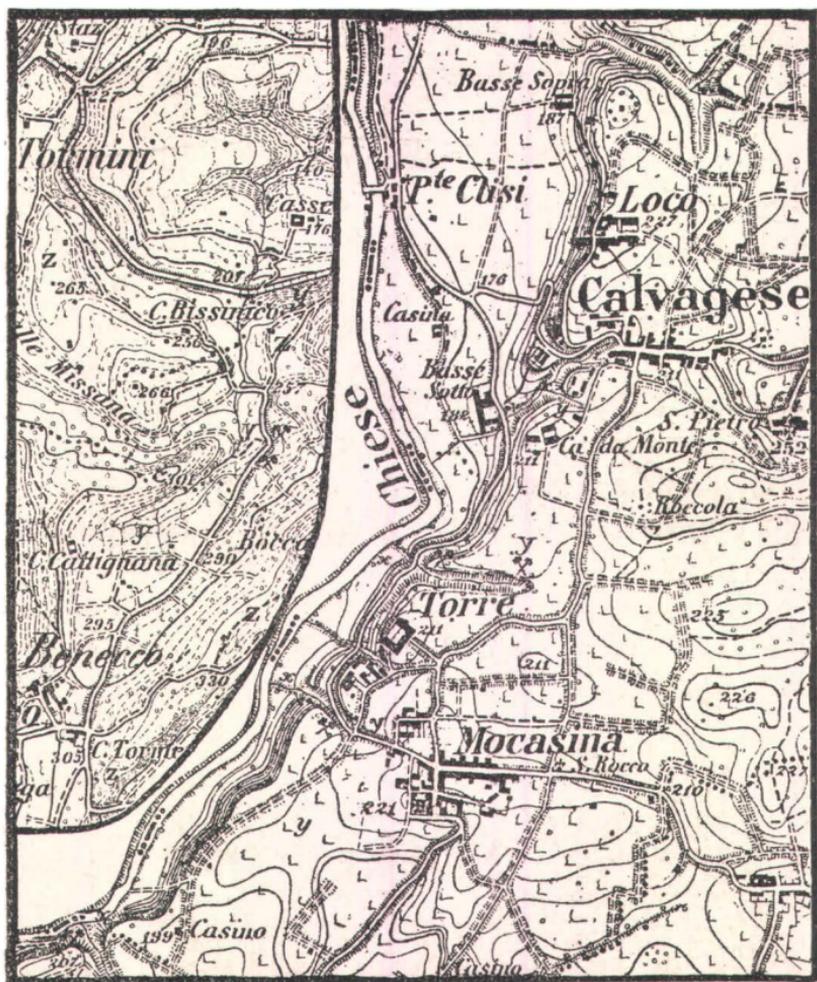
X	{	7. Moraine	2	mètres
		8. Conglomérat	12	»
		9. Argile	1	»
		10. Moraine locale	8	»

Nous avons donc ici deux séries glaciaires superposées, composées chacune de moraines et de graviers formant un tout. Ces deux séries sont séparées l'une de l'autre par une puissante couche d'altération et une couche de lehm brun; ce sont donc bien deux formations distinctes, appartenant aux moraines externes. Sur une longueur de 4 kilomètres, de *Calvagese* à *Masciaga* et à *Cantrina*, on peut nettement distinguer ces deux étages superposés des moraines externes, X et Y.

Au nord-est de *Calvagese*, dans la commune de *Moscoline*, les moraines extérieures forment une surface accidentée, couverte de lehm brunâtre, sous lequel se rencontre un ferretto assez épais, de façon que ce n'est que dans les profonds ravinements qu'on constate la présence de moraine non altérée, par exemple à l'est de *Morsone*, dans le chemin creux près de *C^a del Ronchetta*.

La région des moraines externes, caractérisée par son manteau de lehm, arrive jusqu'au *Monte Serino*, l'un des points culminants de la moraine de *Lonato*, qui, par sa nature, l'absence de lehm superficiel et les nombreux blocs erratiques qui le couronnent, appartient déjà aux moraines internes. Au nord de *Carzago*, les moraines externes touchent donc aux internes qui les dominent.

Dans la région du *Monte Serino*, la moraine de *Lonato* (interne) est divisée en deux remparts parallèles dont l'oriental, celui du *Monte Cassaga*,



Situation des coupes de Mocasina-Calvagese (à droite)
et des coupes de Benecco-Tormini (à gauche).

Echelle 1:25000

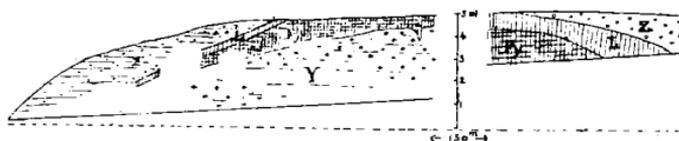
x, y, coupes.

(Extrait de la Carte topographique du royaume d'Italie.)

366 mètres, est le plus élevé; le contraste que ces moraines font dans le paysage avec les extérieures est frappant.

La route de *Salò* emprunte le vallonnement qui sépare les deux branches de la moraine de *Lonato* jusque près de *Benecco*, où elle traverse le rempart ouest pour suivre d'abord la limite entre les moraines internes et les externes; grâce à un prolongement que font, vers l'ouest, les moraines internes, en refoulant même le *Chiese* contre la montagne, la route rentre dans la moraine interne; c'est là, dans l'angle correspondant au changement de direction des moraines internes¹ qu'une tranchée de la route révèle la superposition des moraines internes non altérées aux moraines altérées extérieures. En 1890, peu après la construction de la route, on constatait le profil suivant, fig. 11, à gauche, encore reconnaissable dans

Fig. 11.



Coupe près de Benecco.

- Z, moraine interne.
- z, alluvion néoglaciale.
- L, lehm.
- Fy, ferretto.
- Y, moraine externe, étage supérieur.

toutes ses parties essentielles au printemps 1894. 150 mètres plus haut, vers le sud, se trouve le profil de droite, fig. 11.

¹ Tavoletta 1 : 25000 *Salò* (Feuille 48. IV. N.-O.). Le point en question est situé 200 mètres au S. de la cote 257. (Voir carte ci-devant.)

En continuant dans la direction de *Caccavero*, on remarque, à plusieurs reprises, un conglomérat à cailloux striés: le faciès graveleux de la moraine externe, surmonté par la moraine plus récente et ses alluvions qui contiennent des blocs du conglomérat externe.

En amont du prolongement morainique, à l'ouest de *Saló*, le fond de la vallée du *Chiese* est formé par un vaste remplissage de graviers de plusieurs kilomètres de longueur. Ceci fait présumer l'existence d'une ancienne vallée plus profonde, se rendant au lac et qui n'en a été séparée que par les accumulations du glacier qui, barrant le passage au *Chiese*, le rejetaient à l'ouest en le forçant à se frayer, par *Villanuova sul Clisi*, un nouveau chemin vers la plaine.

VII

DÉPÔTS GLACIAIRES A L'INTÉRIEUR DES ALPES

a) Moraines de retrait

CARTES

Pour l'orientation générale :

Ravenstein: Karte der Ostalpen 1:250000. (Francfort a/M. Prix Mk. 6 la feuille montée.) Feuilles VII, Lombardische Alpen; IV, Westtiroler Alpen.

Ou *Leuzinger*: Reliefkarte von Tirol, etc., 1:500000.

Noë: Geologische Uebersichtskarte der Alpen. Wien.

Pour la topographie spéciale :

Spezialkarte der österr.-ungar. Monarchie, 1 : 75000. Feuilles 22. IV (Rovereto), 21. IV (Trient), 20. IV (Cles), 19. V (Klausen), 18. V (Sterzing), 17. V (Matrei). (Mk. 1 la feuille non montée.)

Les phénomènes d'érosion et d'accumulation des temps postglaciaires, auxquels nous devons rapporter le dernier façonnement des vallées, n'ont laissé subsister que de rares témoins des phases de retrait des glaces. La plupart des bourrelets terminaux ont disparu, on ne les retrouve plus guère que dans les ramifications supérieures des vallées qui n'ont pas encore été nivelées par les cours d'eau. Dans la vallée de l'*Inn*, cependant, de puissantes terrasses de graviers glaciaires, hautes de 300 à 400 mètres, ont particulièrement attiré l'attention.

Le trajet du *lac de Garde* au *Brenner* est remarquable par les beaux dépôts postglaciaires qu'on traverse¹. D'abord, des restes d'éboulements remplissent la petite vallée transversale entre la *Sarca* et l'*Adige* (suivie par la ligne du chemin de fer de *Riva* à *Mori*) ; ils ont donné naissance au petit lac de *Loppio*.

Ensuite, dans la vallée de l'*Adige*, l'éboulement gigantesque des *Lavini di Marco*, au pied duquel se trouve la station de *Mori*. Cet amas de blocs calcaires anguleux, mentionné déjà par Dante, repousse l'*Adige* vers l'ouest, en donnant lieu à une discontinuité marquée de sa pente. Aux flancs de la *Zugna Torta*, se voit la niche d'origine de l'éboulement, et l'opinion émise encore en 1886, que ces masses de débris

¹ F. Simony. Ueber die Alluvialgebilde des Etschthales. Sitzungsber. k. Akad. Wien. Math. nat. Cl., XXIV, 1857, 455-492.

représentent, tout comme les Marocche de la vallée de la *Sarca*, des moraines, est actuellement insoutenable. Il est remarquable de voir une grande quantité de ces blocs couverts de fines rainures lapiaires (Karren); ce phénomène, commun à beaucoup d'éboulements calcaires, fournit la preuve de la genèse subaérienne des lapiés.

Plus loin, de gigantesques cônes de déjection : celui du *Leno* à *Rovereto*, celui de la *Fersina* à *Trente*, et, à *Lavis*, le plus remarquable, celui de l'*Avisio* du *Val Fassa*; chacun de ces cônes repousse l'*Adige*, rompt l'uniformité de sa pente et relève le terrain d'amont, qui devient fréquemment marécageux. La plus étendue de ces parties plates et marécageuses est à l'amont du cône de la *Noce*, entre *San Michele* et *Bozen*; une anfractuosité de la vallée y présente même, dans le *Kalterersee* (au N. de la station de *Neumarkt*) une inondation permanente.

A *Bozen*, la ligne entre dans la vallée étroite de l'*Eisack*, qui devient parfois une vraie gorge à hautes murailles de porphyre. Au lieu des inondations de l'*Adige*, ce sont les éboulis et les irruptions torrentielles qui apportent parfois ici des entraves aux communications; ainsi encore dans la nuit du 17 au 18 août 1891, une crue locale du *Ganderbach* de *Kolmann* détruisit en partie le village de ce nom et la ligne du chemin de fer¹. On voit encore les restes du petit lac produit alors par l'énorme charriage du *Ganderbach*, qui roulait des blocs de 12 à 20 mètres cubes. De pareils phénomènes, très fréquents dans

¹ Toulou : Ueber Wildbachverheerungen. Wien 1892. (Schriften d. Ver. z. Verbr. naturw. Kenntn., XXXII.)

les Alpes, devraient faire réfléchir les géologues qui tiennent tous les dépôts à gros blocs pour des moraines !

Entre *Brixen* et *Franzensfeste*, des moraines très limoneuses donnent lieu au confluent de l'*Eisack*-et du *Pusterthal* à une terrasse de 150 mètres de haut, couverte à sa surface d'une quantité de gros cailloux de granit; des roches moutonnées avec poliss glaciaires sont visibles près de la ligne.

Dans la *Sachsenklemme*, en amont de *Franzensfeste*, les moraines disparaissent. Au bas du bassin de *Sterzing*, par contre, près de la station de *Freienfeld*, les collines traversées par l'*Eisack* sont probablement du glaciaire. Moraines près de *Ried*, au-dessus de *Sterzing*, puis surtout au-dessus de *Gossensass*, sur le flanc sud du *Pflerschthal*, où existent trois bourrelets morainiques. On les reconnaît distinctement de la ligne après avoir entrevu les glaciers du fond du *Pflerschthal*, notamment le *Feuersteingletscher*.

La haute vallée du col du *Brenner* ne présente pas de moraines; ce n'est que des limites supérieures d'altitude de l'erratique qu'on a pu conclure à un déversement des glaces vers le sud, par dessus le col ¹.

¹ Penck. Der Brenner. Zeitschr. d. Deutsch. u. Oesterr. Alpenvereins. 1887. I.

Fritz Kerner von Marilaun. Die Verschiebungen der Wasserscheide im Wipphale während der Eiszeit. Sitzber. k. Akad. Wien. Math.-naturw. Cl. Abt. I. Bd. C. 1891. S. 448.

b) La terrasse du Wippthal

BIBLIOGRAPHIE

Penck: Zur Vergletscherung der Deutschen Alpen, Leopoldina XXI. Halle, 1885.

Blaas: Erläuterungen zur geologischen Karte der diluvialen Ablagerungen in der Umgebung von Innsbruck. (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt. XL. 21.) Wien, 1890 (avec carte géologique).

CARTES

Umgebungskarte von Innsbruck 1:75000, k. k. milit.-geogr. Institut Wien.

Les premiers vestiges de la puissante terrasse de graviers glaciaires qui prend plus bas, dans le *Wippthal*, une si grande importance, apparaissent à *Matrei*¹. C'est principalement au confluent du *Wippthal* et de la vallée de *Stubai* que cette terrasse acquiert un grand développement; elle forme ici, à *Schönberg*, un plateau dont l'altitude de 1003 mètres domine de 300 mètres le niveau du *Sillbach* dans le *Wippthal* et produit l'impression d'une haute digue placée en travers du *Stubaital*. Le niveau du fond de cette vallée n'est guère que de 900 mètres à *Vulpmes*. Du belvédère construit à *Schönberg* par M. Witting (1026

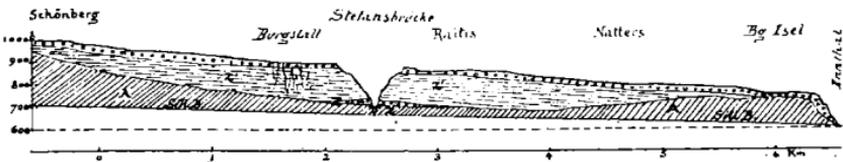
¹ Cette terrasse avait déjà attiré l'attention de Playfair, qui s'exprime ainsi :

Even more remarkable than the above (h. a. terraces of Switzerland) are the terraces of gravel upon which the road through the Tyrol is conducted from Sterzing to Inspruck, at a height of 500 feet above the present bed of the river. The Works of John Playfair. I. 1882. p. LVI.

mètres), on se rend bien compte de l'ensemble de cette terrasse et de son développement vers l'aval.

La nouvelle route du *Brenner* serpente le long des flancs abrupts ou terrassés de cette formation et procure ainsi dans plusieurs belles coupes la possibilité d'en étudier la structure.

Fig. 12.



Profil de la terrasse du Wipptal.

Z', alluvions stadiques de la dernière glaciation recouvertes de moraines et reposant sur des moraines Z.

A, roche en place.

Le glaciaire constitue la partie supérieure de la terrasse ; il est découvert à la *nouvelle Poste* de *Schönberg*, et à plusieurs reprises jusqu'au kilomètre 13, soit jusqu'à l'altitude d'environ 900 mètres, comportant ainsi une épaisseur de 100 mètres. A la partie inférieure se présentent souvent des alternances du glaciaire avec le fluvio-glaciaire qui suit plus bas et qui donne lieu à des parois abruptes bien visibles au kilomètre 10,3. De là au kilomètre 9, ces alluvions produisent, notamment au *Burgstall*, des cheminées de fées (*Erdpyramiden*). On reconnaît qu'elles reposent sur une couche de sable surmontant elle-même un limon sableux, tandis que sous le tout se trouvent 8 mètres de moraine directement superposée au schiste en place. Aucune couche d'altération ni au-

cune discordance entre ces divers horizons ne laissent soupçonner une époque interglaciaire. Cette association d'argiles stratifiées, de sables et de moraines se retrouve à l'ouest de la *Stefansbrücke*, à un niveau inférieur aux puissants dépôts d'alluvions coupés par la route et qui l'accompagnent presque jusqu'au *Berg-Isel*. Au sud du *Berg-Isel*, on voit les alluvions coupées et recouvertes sur leur tranche par des moraines, tandis qu'au sud de *Wilten* une exploitation est ouverte dans la moraine.

Les alluvions du *Wipphthal* sont donc une puissante intercalation fluvio-glaciaire entre des moraines; elles représentent une formation interstadienne due à une phase de retrait des glaces. Les glaces s'étant retirées jusqu'au-dessus de *Matrei*, dans le *Wipphthal*, et de *Vulpmes*, dans le *Stubai*, et y ayant fait halte, il en résulta le dépôt d'un grand cône de transition recouvrant les moraines de la vallée, et recouvert lui-même de moraines lors d'une nouvelle poussée glaciaire momentanée.

c) La brèche de Hötting.

BIBLIOGRAPHIE

- Penck*: Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. Leipzig, 1882. 228.
- A. Böhm*: Die Höttinger Breccie und ihre Beziehung zu den Glazialablagerungen. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt, XXXIV. Wien, 1884. 147.
- J. Blaas*: Die Höttinger Breccie u. s. w. Ber. d. naturw.-med. Ver. zu Innsbruck, XVIII. 1889. 97.
- R. v. Wettstein*: Die fossile Flora d. Höttinger Breccie. Denkschr. Akad. math.-naturw. Kl. LIX. Wien, 1892.

CARTES

Umgebungskarte von Innsbruck 1:75000. k. k. milit.-geogr. Inst. Wien.

VUES ET RELIEFS

Innsbruck. Vues prises du Berg-Isel et des bords de l'Inn. Phot. de Würthle et Spinnhirn. Salzburg.

Reliefs de *Blaas*. Weiherburg Aufschlüsse 1:3333 à 8 Mk.

Verbreitungsgebiet der Breccie 1:20000 à 40 Mk. (Innsbruck Wagnersche Universitäts-Buchhandlung.)

La grande terrasse de la vallée de l'*Inn*, dont celle du *Wipphal* n'est qu'un prolongement, renferme, outre des sables et graviers interstadiaires, les parties inférieures de la brèche interglaciaire de *Hötting*.

Vu du *Berg-Isel*, le flanc gauche de la vallée de l'*Inn* présente à sa base une terrasse atteignant l'altitude de 900 mètres (fond de la vallée 582 mètres) et dont le versant laisse voir plusieurs exploitations de roche rougeâtre : la brèche rouge de *Hötting*. Sous le sommet du *Frau-Hitt*¹, un peu en retrait sur le flanc général, se trouve la *Höttinger Alpe*, découpée par une quantité de petits ravins où affleure une roche cavernieuse de couleur claire, appartenant également à la brèche mais représentant sa variété blanche².

On peut se faire une idée de l'architecture de la brèche, en la regardant de la rive droite de l'*Inn* au pont d'*Innsbruck*. Avant tout, on aperçoit le grand talus d'éboulis de la carrière Mayr, et la carrière elle-même surmontée par un dépôt grisâtre, la moraine

¹ Pour tout ce qui suit, voir la carte p. 65.

² Voir la vue d'*Innsbruck* dans Kirchoff. *Länderkunde von Europa*, I. 2, p. 98. La brèche y a été rendue bien visible.

supérieure. A l'est et à l'ouest du petit château de *Weiberburg*, situé à une centaine de mètres au-dessus de l'*Inn*, s'ouvrent deux ravins qui entament le versant à l'est de la carrière. Dans chacun des deux ravins on a, en bas, des parois de rochers surmontées par une couche de roche bleuâtre, la moraine inférieure, au-dessus de laquelle vient la brèche ¹.

Dans le ravin de l'est, la brèche commence au-dessus d'une source captée abondante, sa partie inférieure est aquifère et moins agglutinée que la brèche compacte qui suit au-dessus. Le ravin adjacent à l'est présente sur son flanc gauche une belle superposition de la brèche sur la moraine argileuse remplie de galets magnifiquement striés et polis. La surface de contact de la brèche et de la moraine, ainsi que quelques vestiges de stratification ² de celle-ci, plongent vers la montagne. A 20 mètres de là, à la tête du ravin, se voit la même superposition, ainsi du reste que dans le ravin suivant. Le contact immédiat de la brèche et de la moraine est donc découvert sur une longueur de 50 mètres ³. Une portion de moraine à stratification horizontale est visible dans le plus oriental de ces ravins ⁴.

En allant du ravin *est* de *Weiberburg*, le long des têtes de couches abruptes de la brèche, dans la direc-

¹ Voir la vue dans Penck : Die grosse Eiszeit. Himmel u. Erde, 1891, IV, 1.

² Rothpletz, dans son examen très superficiel de la localité, n'a rien vu de cela. (Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. 1894. 97.)

³ Voir Penck. Vergletscherung, etc. Fig. 1. Taf. II, reproduite ci-après, Fig. 13, I.

⁴ Taf. II. Fig. 2. Dans Penck, reproduite ci-après, Fig. 13, II.

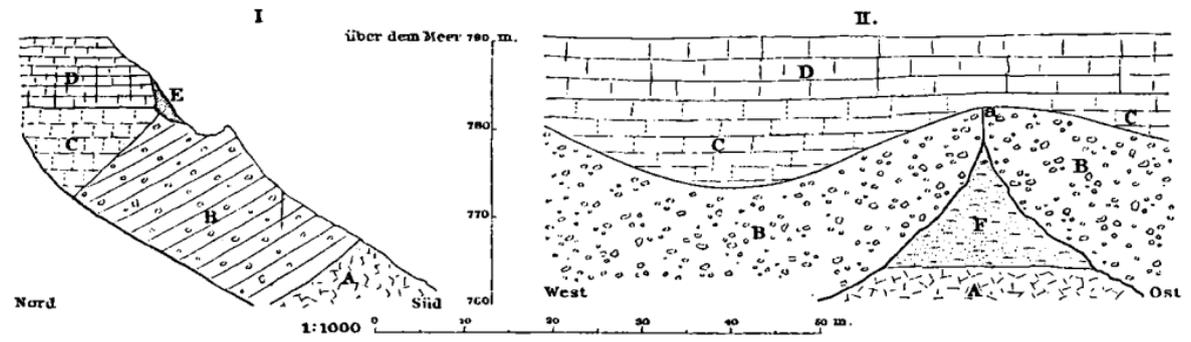
tion de la carrière Mayr, on arrive 500 mètres plus loin au ravin *ouest*. Descendant dans ce ravin, on retrouve sous la brèche compacte une zone de brèche meuble et aquifère, qui recouvre une moraine susceptible d'être suivie sur toute la distance de ce ravin au ravin est. Enfin, près de l'extrémité est de la carrière Mayr, un glissement remet à découvert la superposition de la brèche à la moraine; la brèche est ici encore meuble, argileuse et aquifère à sa partie inférieure, et contient à sa base des fragments carbonisés. La moraine est limoneuse comme dans les coupes de *Weiherburg*, elle contient les mêmes cailloux striés et des concrétions sphériques, mais aucun fragment de brèche.

Le flanc de la terrasse de la vallée de l'*Inn* présente donc sur une longueur de 500 mètres la superposition de la brèche rouge de *Hötting* sur la moraine.

La brèche rouge elle-même est bien ouverte à la carrière Mayr; c'est une roche en gros bancs presque horizontaux, composée de fragments calcaires anguleux reliés par un ciment rougeâtre; les bancs sont séparés les uns des autres par des couches minces marneuses et rougeâtres ou jaunes, sableuses, riches en paillettes de mica (comme le limon de l'*Inn*), et dans lesquelles on trouve fréquemment des aiguilles de pin. La hauteur de l'exploitation est de 35 mètres, la surface lavée et quelquefois striée de la brèche supporte une moraine caillouteuse, à gros fragments de brèche. A l'ouest de la carrière, cette moraine recouvre les têtes de couches de la brèche.

Au-dessus de la carrière Mayr, la surface de la terrasse est surtout formée de moraines qui acquièrent ici, au pied du flanc proprement dit de la vallée, un

Fig. 13 (extraite de Penck : Vergletscherung, etc.)



Profil am oberen Ende des Weiberburger Grabens bei Innsbruck.
I. von der Seite, II von vorn.

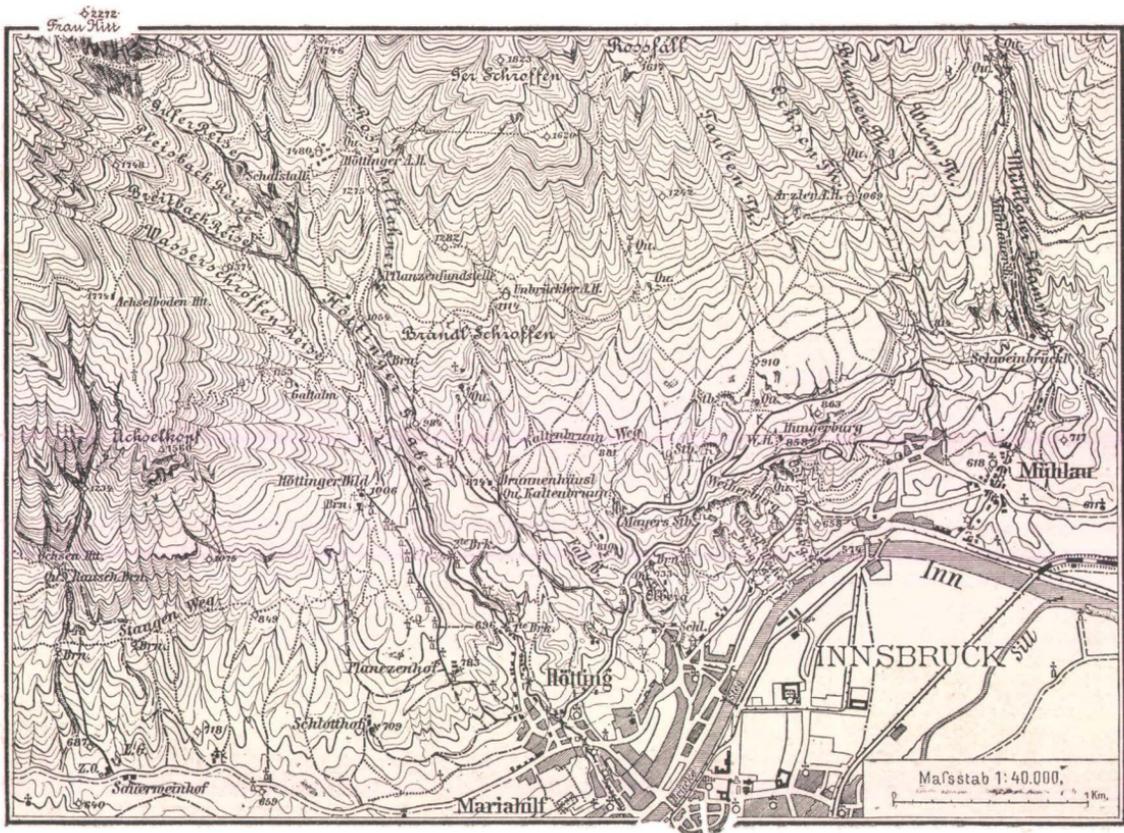
A. Dolomit der unteren Trias B. Grundmoräne C. Lose rothe Breccie D. Feste rothe Breccie E. Schutt F. Rasen.

Profil à la tête du ravin de Weiberburg.

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| A, dolomie triasique. | D, brèche rouge conglomérée. |
| B, moraine profonde. | E, éboulis. |
| C, brèche rouge incohérente. | F, végétation. |

d'une couche de lehm sableux lœssiforme assez répandu dans les environs d'*Innsbruck*, et qui contient des restes de poterie. Le flanc de la vallée est constitué au *Brandlschroffen* par de la brèche blanche différente de la rouge seulement par la couleur de son ciment. Cette brèche blanche s'étend presque ininterrompue sur le versant de la *Höttinger-Alm* jusque sous les parois de la *Frau-Hitt*, où elle repose sur la roche en place, comme du reste au *Brandlschroffen*. C'est dans la brèche blanche, au nord du *Brandlschroffen*, et au flanc gauche du ravin à l'est de la *Höttinger-Alpe*, que se trouve, 150 mètres en amont de la jonction des deux ravins, le gisement des plantes fossiles étudiées par *von Wettstein*, sur la carte : *Pflanzenfundstelle*. Le versant est constitué en ce point par un grès triasique rouge (qui explique la coloration rouge de la brèche en dessous) surmonté, à 30 mètres au-dessus du fond du ravin, par 15 mètres de brèche à alternances de grain grossier et de grain fin. Les restes végétaux caractérisés par la présence fréquente du *Rhododendron ponticum* se trouvent dans les parties à grain fin, mais il est remarquable que les feuilles n'y sont pas toujours couchées sur le plan des strates et qu'on rencontre souvent des tiges debout, traversant les couches. Ceci indique une sédimentation rapide, telle qu'elle a lieu dans les débordements torrentiels, et *von Wettstein* a tiré de la flore la conclusion que le dépôt d'une couche inférieure du gisement eut lieu au printemps, celui d'une couche supérieure en automne.

Dans les ravins à l'ouest de la *Höttinger-Alm*, par exemple entre la *Gufer-Reise* et la *Pleisbach-Reise*, on trouve deux faciès de brèche en alternances : un faciès



La contrée d'Innsbruck (d'après la Carte spéciale d'Autriche-Hongrie).

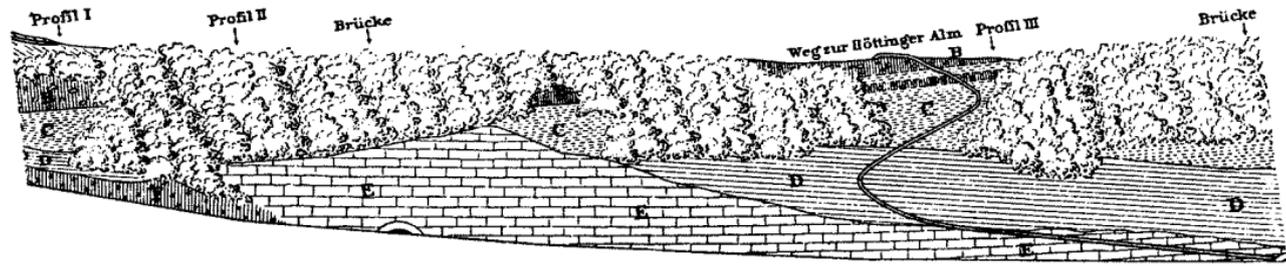
limoneux à nombreux gros blocs, faisant l'effet d'une moraine, et un faciès distinctement stratifié, suivant la pente du versant, avec fragments de grandeur variable et peu de ciment, ensuite de quoi la brèche y prend une nature caverneuse. Une de ces grottes dite le *Schafstall* — situé à 1400 mètres sur la Gufer-Reise, au-dessus de sa jonction avec la Pleisbach-Reise — contient un gros bloc calcaire distinctement strié, tandis que dans les parties de faciès morainique en dessous, on trouve çà et là des cailloux striés et des cristallins évidemment erratiques à cette altitude de 1300 mètres. Il ressort de là que la brèche blanche contient des matériaux glaciaires; comme elle n'est pas glaciaire elle-même, mais qu'elle représente sans doute un talus d'éboulis agglomérés, il faut donc qu'avant sa formation, des glaciers alpins eussent déjà atteint une fois la cote de 1300 mètres et que des glaciers locaux eussent déjà existé.

Descendant maintenant dans le *Höttinger-Graben*, nous constatons à droite, en dessous du ravin de la *Höttinger-Alm*, sous la brèche blanche, la brèche rouge immédiatement superposée au grès rouge; viennent ensuite des pointements de cargneule, puis, au niveau de la terrasse de l'Innthal, une moraine assez compacte. Un cailloutis torrentiel, le *Höttinger-Schutt*, recouvre la moraine et supporte un gravier de l'Inn, lequel est à son tour recouvert de moraines au *Höttinger-Bild*¹.

A 150 mètres en aval, mais à un niveau plus élevé que la moraine, revient la vraie brèche rouge compacte, dont le contact avec la moraine était visible en

¹ Penck. Vergletscherung, etc. Taf. II. Fig. 3. Prof. I (reproduit ci-après, fig. 14).

Fig. 14 (extraite de Penck : Vergletscherung, etc.)



Profil des Höttinger Grabens bei Innsbruck.

Profil du Höttinger-Graben.

Echelle 1:5000

A, éboulis récents.
B, moraine profonde de dessus.
C, fluvio-glaciaire.

D, Höttinger-Schutt.
E, brèche de Hötting.
F, moraine profonde de dessous.

1890 et 1892 dans le lit même du torrent. On voyait
— 67 —

alors, 150 mètres en dessus du pont supérieur, la moraine grise agglutinée recouverte sur la tranche biaise par la brèche rouge, et à leur contact une marne jaunâtre à coquilles terrestres déterminées par *F. von Sandberger*, savoir :

Helix villosa Drap.
Helix tenuilabris A. Braun.
Pupa muscorum L.
Cionella lubrica Müll.
Clausilia sp.

La brèche rouge est coupée par le ravin jusqu'au premier pont au-dessus de *Hötting*; elle fait base à 40 ou 50 mètres de *Höttinger-Schutt*, sur lequel repose autant de gravier¹ fluvio-glaciaire en alternance à sa partie supérieure avec les moraines qui le recouvrent.

Le *Höttinger-Schutt*, le gravier fluvio-glaciaire et les moraines constituent, sur une hauteur de 150 mètres, le versant de la terrasse de l'*Inn*. La même série se retrouve à l'est, au *Gnadenwald*, et à l'ouest, jusqu'à l'*Ætzthal*.

RÉSUMÉ

La brèche de *Hötting* est une formation locale du versant de l'*Innthal*, sa variété blanche, un grand talus d'éboulis agglutiné, la rouge, un cône de déjection cimenté. Toutes deux constituent un tout indissoluble.

Au moment de la formation de la brèche, une flore, dont 4 seulement des 41 espèces décrites par von

¹ Penck. Vergletscherung, etc. Taf. II. Fig. 3, reproduite ci-dessus, fig. 14. Prof. III.

Wettstein ne peuvent être identifiées avec des espèces actuelles, occupait les flancs de la vallée. De ces 41 espèces, 29 se retrouvent actuellement aux environs du gisement, 6 autres (ou au moins leurs plus proches congénères) existent dans le Tyrol septentrional, mais à une altitude moins élevée, les 6 dernières ne se rencontrent plus dans le Tyrol du nord, mais plus au sud-est.

Avant la brèche, la vallée de l'Inn avait déjà été remplie une fois, au moins jusqu'à 1300 mètres d'altitude par le glacier de l'Inn, plus haut par les glaciers locaux des Alpes calcaires.

Après la formation de la brèche, lorsqu'elle était déjà conglomérée, une nouvelle glaciation remplit l'Innthal jusqu'à 1900 mètres.

L'existence même de la brèche et sa flore impliquent entre les deux glaciations une époque non glaciaire, de climat plus doux que notre climat actuel.

d) Glaciaire intra-alpin en aval d'Innsbruck.

BIBLIOGRAPHIE

- Penck*: Vergletscherung der Deutschen Alpen. p. 152.
— Die Glacialschotter in den Ostalpen. Mitt. d. Deutsch. u. Esterr. Alpenver. 1890. N° 23 et 24.
Blaas: Notizen über diluvio-glaciale Ablagerungen im Inngebiete. Berichte des naturw.-medic. Ver. Innsbruck. 1890-1891.

CARTES

Pour l'orientation générale :

- Ravenstein*: Karte der Ostalpen. Feuilles I (Bayer-Alpen), II (Salzburger-Alpen).

Feuille 24 (Rosenheim) de la Uebersichtskarte von Südwest-Deutschland 1:250000, herausgegeben vom Bayer. topogr. Bureau. (Altitudes en toises bavaroises. Prix, non montée, Mk. 1,80.)

Leuzinger: Reliefkarte von Mittel-und Südbayern, Nordtirol u. Salzburg 1:500000. (Mk 5, non montée.)

Pour la topographie spéciale :

Spezialkarte der (Esterr.-Ungar.-Monarchie 1:75000. Feuilles 16. V, Innsbruck. 16, VI, Rattenberg. 15, VI, Kufstein.

Entre *Hall* et *Schwaz*, le *Gnadenwald* est la continuation de la terrasse de l'*Inn* d'*Innsbruck*. Il s'élève à 890 mètres, soit environ à 400 mètres au-dessus du fond de la vallée. A *Stans* (en aval de *Schwaz*) et à *Jenbach*, nous remarquons encore deux fois à 900 et 950 mètres des restes de la terrasse qui, au-dessus de *Jenbach*, forment la digue de l'*Achensee*.

Plus en aval, la terrasse disparaît, au moins dans la vallée principale. La terrasse de l'*Angerberg* qui se voit sur la rive gauche entre *Rattenberg* et *Kirchbichel*, puis, plus bas, avant *Kufstein*, est due aux couches oligocènes de *Hüring*. On remarque aussi en passant que le *Zillerthal* n'a pas de terrasse. Par contre, la terrasse existe dans les petites vallées secondaires, par exemple à gauche, dans la vallée de la *Brandenberger Ache* (invisible du chemin de fer), dans le *Brixenthal*, près *Hopfgarten*, à 750 mètres (sur la ligne de Vienne), et surtout en dessous de *Kufstein*, dans le *Jenbachthal*, dont la terrasse de 680 mètres d'altitude est très distincte, à partir d'*Oberaudorf*.

La structure de la terrasse de l'*Innthal*, telle que nous la révèlent les tranchées du *Vomperbach*, du

Stansbach et du *Kasbach*, est partout la même. A la base, on trouve un cailloutis local analogue au *Höttinger-Schutt*, au-dessus, les graviers et sables stratifiés de l'*Inn* — on les voit quelquefois du chemin de fer apparaissant dans des glissements, par exemple à *Fritzens*, — puis en haut, des moraines puissantes, souvent avec intercalations fluvio-glaciaires. Dans les vallées affluentes, la structure est analogue, mais tous les éléments composants sont, comme dans le *Wipphthal*, de nature locale.

Cette grande terrasse de la vallée de l'*Inn*, localisée entre les débouchés de l'*Ætzthal* et du *Zillertal*, ne possède pas cette régularité de pente qui caractérise les terrasses fluvio-glaciaires en général, lorsqu'elles naissent à l'extrémité d'un glacier. Il faut supposer qu'il s'agit plutôt ici d'une formation de barrage, dont l'âge ressort de celui de la terrasse du *Wipphthal*, son prolongement naturel.

Lorsque le glacier de *Stubai* descendait jusqu'au près de la vallée de l'*Inn*, ceux de l'*Ætz-* et du *Zillertal*, dont l'aire collectrice était plus élevée et plus vaste, devaient obstruer la vallée de l'*Inn*, donnant lieu ainsi aux dépôts de barrage qui constituent une partie de la terrasse et qui, plus tard, furent recouverts de moraines¹.

¹ Cette genèse doit aussi être celle des terrasses de graviers de Luino-Valtravaglia au lac Majeur. Supposons l'extrémité du glacier du Tessin dans la région d'Intra, il devait remplir le défilé formé par les Pozzoni di Laveno et le Monte di Cargiagio, sans occuper entièrement le rélargissement de Luino, où les graviers se déposaient au bord du glacier.

VIII

L'AMPHITHÉÂTRE MORAINIQUE DU GLACIER DE L'INN

BIBLIOGRAPHIE

Penck: Vergletscherung, etc., p. 123, 150, 337, 352, 419.

CARTES

Pour l'orientation générale :

Ravenstein: K. d. Ostalpen. Feuille II (Salzburger Alpen). Uebersichtskarte von Südwest-Deutschland. Feuille 24, Rosenheim.

Leuzinger: Reliefkarte, etc.

Pour la topographie spéciale :

Topographischer Atlas von Bayern 1 : 50000. Feuilles Rosenheim (West) et Holzkirchen (Ost).

Gümbel: Geolog. Karte der bayer. Alpen. Blatt IV, Miesbach. 1 : 100000.

Rosenheim, le point d'où rayonnent les lignes de chemins de fer de la Haute-Bavière, est situé au milieu de la vaste dépression centrale du glacier de l'*Inn*.

Le fond de la dépression a 470 mètres d'altitude, il est formé de grandes surfaces de marais tourbeux, auxquelles succède, vers le nord, un paysage de drumlins. La circonvallation s'élève en pente très douce jusqu'aux altitudes de 630 mètres au nord et de 650 mètres à l'ouest, elle ne domine donc le fond que de 200 mètres environ, au lieu des 400 mètres de différence d'altitude que nous avons rencontrés

dans les amphithéâtres italiens. C'est à cette différence qu'est dû le contraste des paysages glaciaires du nord et du sud des Alpes.

La dépression est largement ouverte jusqu'aux Alpes; en venant de *Kufstein*, on y entre à *Brannenburg*, où se montrent quelques terrasses. L'une d'elles présente, peu avant *Brannenburg*, une stratification inclinée, de delta, d'où l'on conclut qu'un lac post-glaciaire d'une altitude supérieure à 475 mètres a jadis occupé la dépression.

Au sud de *Brannenburg*, la colline isolée du *Biberhügel* est formée de nagelfluh également à stratification inclinée, mais dont l'âge est antérieur aux moraines. Ce fait indique la présence du lac avant la dernière glaciation, une analogie avec la vallée de la *Salzach*¹.

L'aile ouest de l'amphithéâtre est coupée par la *Mangfall*, que suit la ligne de *Rosenheim* à *Holzkirchen*, ce qui permet de se rendre compte de la structure de l'amphithéâtre sur ce point.

Déjà près de *Aibling*, le miocène supérieur, coupé par l'*Inn* à *Rosenheim*, s'élève au-dessus du fond de la dépression. Au-dessus de la station de *Bruckmühl*, il est déjà à 30 mètres au-dessus de la *Mangfall* et se trouve couronné en cet endroit par de la nagelfluh. Là où la *Mangfall* entre dans les moraines, il atteint environ 600 mètres. De longues coupes montrent les terrains superposés au miocène; ce sont de haut en bas :

¹ Penck. Vergl., p. 344.

Brückner. Die Vergl. des Salzachgebietes, p. 85. (Geogr. Abhandl. I. 1. Wien, 1886.)

ε) 25 mètres gravier stratifié meuble et grossier de l'Inn, passant près d'*Altenburg* à la moraine = Terrasse basse (Niederterrassenschotter).

Lehm d'altération avec apophyses dans le terrain inférieur :

γ) Gravier par places cimenté, avec cailloux de nagelfluh caverneuse diluviale = Alluvion des hautes terrasses (Hochterrassenschotter).

Lehm d'altération peu au-dessus du niveau de la voie se prolongeant en apophyses dans :

α) Nagelfluh calcaire solide, ouverte près de la voie sur une hauteur de 3 mètres = Alluvion des plateaux (Deckenschotter).

L'aile ouest de la circonvallation est donc en partie formée d'alluvions plus anciennes; cela se voit aussi sur la ligne de *Rosenheim* à *Munich* par *Grafin*.

IX

LA PLAINE DE MUNICH

BIBLIOGRAPHIE

Penck: Vergletscherung, etc., p. 148.

Chr. Gruber: Das Münchener Becken. (Forschungen zur Deutschen Landes u. Volkskunde. I, 4, 1885.)

CARTES

Pour l'orientation générale:

Ravenstein: K. d. Ostalpen. Feuilles I et II.

Uebersichtskarte von Südwest-Deutschland. Feuilles 19 (Munich) et 24 (Rosenheim).

Leuzinger: Reliefkarte von Mittel u. Südbayern, etc. (Figuré magnifique de tout l'avant-terrain des Alpes allemandes.)

Pour la topographie spéciale :

Topographischer Atlas von Bayern 1 : 50000. Feuilles Wolfrathshausen et München.

La plaine de Munich constitue un trait remarquable de l'avant-terrain des Alpes. C'est un plain incliné de régularité presque géométrique, occupant l'espace compris entre les moraines des glaciers de l'*Inn* et de l'*Isar*, d'une part, et la région tertiaire plus au nord, d'autre part. Vers le sud, près de *Holzkirchen*, son altitude est de 700 mètres, elle s'abaisse vers le nord jusqu'à atteindre, à *Moosburg*, la cote de 415 mètres ; la régularité de sa pente est telle que les courbes de niveau y cheminent en lignes droites de direction E.-W.

Vers le sud, la plaine est coupée par une série de vallons actuellement sans eau, parmi lesquels le *Teufelsgraben*, qui prend son origine aux moraines du glacier de l'*Isar* et se rend à la *Mangfall*. En quittant les moraines du glacier de l'*Inn*, la ligne de *Rosenheim* suit ce vallon, puis un autre, et gagne *Holzkirchen* ; pendant le trajet, on voit à plusieurs reprises la nagelfluh de l'alluvion des plateaux au fond du vallon, tandis que la surface est formée par l'alluvion non conglomérée des terrasses basses. *Holzkirchen* est situé aux confins de la moraine externe, dont le manteau de lehm est exploité au nord de la localité.

La ligne traverse le *Teufelsgraben* et prend la plaine de Munich, couverte de forêts, dans la région de *Saverlach*. Peu avant la station de *Deisenhofen*, on traverse le *Gleisenthal*, également une vallée sèche dont l'origine se trouve aux moraines de l'*Isar*.

Le *Gleisenthal* présente une série de coupes excellentes, très appropriées à l'étude de la structure du plan incliné. Une carrière abandonnée du flanc gauche, tout près de la ligne, présente de haut en bas :

z) 2,5 mètres gravier meuble grossier, stratifié, riche en cailloux cristallins = Niederterrassenschotter.

Lehm d'altération à apophyses en sacs dans :

y) 2 mètres nagelfluh peu consistante, argileuse à sa partie supérieure et riche en cailloux striés = Hochterrassenschotter et moraine externe.

2 mètres lehm d'altération se prolongeant en grands sacs de plusieurs mètres de haut dans :

x) 10 mètres nagelfluh solide, exclusivement formée de roches des Alpes calcaires = Deckenschotter.

Les carrières voisines ne présentent qu'une partie de cette série; dans celles du nord, dans la direction de *Deisenhofen*, on voit l'alluvion des terrasses basses directement superposée au lehm du deckenschotter, sous le lehm apparaît cette alluvion des plateaux à galets presque exclusivement calcaires et que sa solidité permet d'exploiter comme pierre de construction. Dans la carrière plus au sud, c'est l'alluvion des basses terrasses qui manque, on n'y rencontre que les moraines extérieures superposées au lehm et au deckenschotter, tandis que plus au sud encore, les carrières n'ont plus que du deckenschotter recouvert d'un lehm d'altération de 2 mètres d'épaisseur moyenne, qui se prolonge souvent en apophyses de 4 à 6 mètres de profondeur dans l'alluvion.

Vers l'amont de la plaine, les hauteurs sont formées par les moraines externes dont le manteau de lehm alimente des tuileries près de *Laufzorn*; ce sont les équivalents de la couche *y* ci-dessus.

On rencontre tout à fait la même série de dépôts dans la vallée de l'*Isar*, près de *Grosshesselohe*¹, où ils sont superposés à la marne du miocène supérieur connue sous le nom de *Flinz*, laquelle est visible ici.

Directement au nord du chemin allant de la station de *Höllriegelskreut* au restaurant situé dans la vallée, on a, dans un glissement, de haut en bas :

- z) 5 mètres alluvion grossière, riche en cailloux cristallins.
1,5 mètre lehm d'altération.
- y) 15 mètres alluvion grossière, en partie agglomérée en nagelfluh.

Dans une coupe située 10 mètres plus au sud, on voit sous cette alluvion :

- L) Véritable loess à teneur calcaire avec :

Helix sericea Drap.
» *arbustorum* Müll.
Succinea oblonga Drap.

d'après les déterminations de F. v. Sandberger.

1,5 mètre lehm d'altération sans calcaire se prolongeant en sacs dans :

- x) 10 mètres nagelfluh calcaire.

De nombreuses sources et des glissements montrent au-dessous :

Le *Flinz*, qui atteint ici la cote de 560 mètres environ.

Cette série est encore reconnaissable à 1200 mètres plus au sud, dans la grande carrière où le peintre Dieffenbach avait construit son atelier. Il faut cependant remarquer qu'ici l'alluvion z n'est pas seulement superposée à y, mais qu'elle remplit une dépression en forme de vallon creusée dans l'alluvion y. Le loess L entre x et y est représenté par une couche de

¹ Positionskarte von Bayern 1:25000. Feuilles 722 (Baierbrunn), 723 (Grünwald). (Voir la carte ci-après avec les profils p. 79.)

lehm atteignant 0,5 mètre d'épaisseur et qu'on peut suivre sur toute la longueur de la carrière.

En continuant encore 700 mètres vers le sud, on trouve dans deux carrières voisines abandonnées (Orgelstbr.) une nagelfluh qui, par ses nombreux galets cristallins, se rapproche de *y*, tandis que dessous vient la nagelfluh *x*.

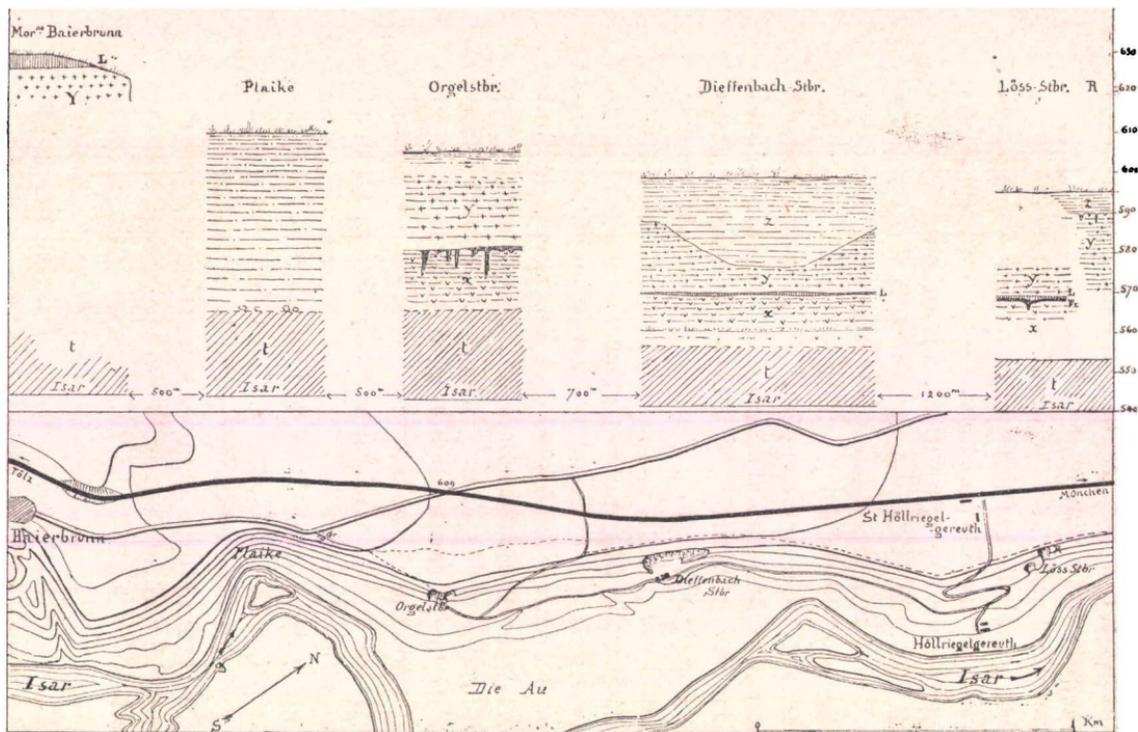
Il n'y a entre deux ni lœss ni lehm, mais on trouve sous l'alluvion *y* de profondes apophyses décomposées se prolonger en tuyaux d'orgue dans *x* jusqu'à 6 mètres de profondeur; ces apophyses partent de la surface inférieure de *y*. En montant entre les deux carrières par un bon sentier, on atteint finalement l'alluvion des terrasses basses *z*.

Enfin, environ 500 mètres au sud, là où l'*Isar* mine la rive dans une convexité regardant l'ouest (Plaike), il n'y a plus que de l'alluvion des basses terrasses, épaisse de 45 mètres et reposant sur le Flinz.

Près de là s'élèvent les moraines externes de *Baierbrunn* couvertes d'un lœss-lehm épais qui, de même que celui de *Laufzorn*, repose donc sur les moraines et alluvions Y. Ce fait montre l'existence de deux lœss, l'un inférieur entre *x* et *y*, l'autre supérieur entre *y* et *z*.

RÉSUMÉ

En résumé, nous avons, au sud de *Munich*, trois alluvions superposées, la plus ancienne est la plus conglomérée et se distingue par la rareté de ses éléments cristallins, éléments qui, dans la vallée de l'*Isar*, doivent être tenus pour erratiques. Chacune de ces alluvions est superficiellement altérée, la couche



Situation et profils des coupes de Höllriegelskreuth.

z, alluvion des basses terrasses.
y, alluvion des hautes terrasses.
L, lehm et less.

Y, moraines externes.
x, alluvion des plateaux.
t, Flinz.

d'altération qui la sépare des dépôts plus récents étant la plus forte sur le deckenschotter et la plus mince sur l'alluvion la plus jeune.

S'il est permis de considérer l'épaisseur des couches d'altération comme proportionnelle au temps pendant lequel elles se sont produites, l'intervalle entre le dépôt de l'alluvion des plateaux et celui des terrasses hautes doit avoir été bien plus long que celui qui sépara le hoch- du niederterrassenschotter.

Il résulte aussi de l'irrégularité de la surface de l'alluvion des hautes terrasses que la période qui tombe entre cette alluvion et celle des terrasses basses fut une époque d'érosion. On peut ailleurs démontrer la même chose pour l'époque séparant l'alluvion des plateaux de celle des hautes terrasses.

Les relations qui existent à *Deisenhofen* entre l'alluvion des terrasses hautes et les moraines, la font considérer comme fluvio-glaciaire, ce qui est le cas aussi pour celles des terrasses basses. Quant à l'alluvion inférieure, le deckenschotter, développé sur tout l'avant-terrain des Alpes allemandes, il s'élève vers le sud et se relie à une moraine au *Höchsten*, au nord du lac de *Constance*.

La plaine de Munich fournit, tout comme l'amphithéâtre du lac de Garde, les preuves de trois glaciations séparées par deux époques de loess; ce loess étant, du reste, indépendant des alluvions, puisque, à *Höllriegelskreut*, il en est séparé par une couche d'altération.

X

L'AMPHITHÉÂTRE DU GLACIER DE L'ISAR

BIBLIOGRAPHIE

Penck: Vergletscherung, etc., p. 123, 150, 355, 413.

A. Geistbeck: Die Seen der Deutschen Alpen. Tab. I, 8. II, 11. III.

CARTES

Topograph. Atlas v. Bayern 1:50000. Feuilles München et Wolfratshausen.

Positionskarte von Bayern 1:25000, 743 Andechs. 767 Tutzing.

L'amphithéâtre du glacier de l'*Isar* présente plusieurs dépressions centrales situées à quelque distance en avant des débouchés des vallées par lesquelles le glacier sortait des Alpes. Chacune de ces dépressions centrales a sa circonvallation propre, mais toutes ces circonvallations se rejoignent ainsi que les cônes de transition qui en naissent et qui se soudent finalement à la plaine de *Munich*.

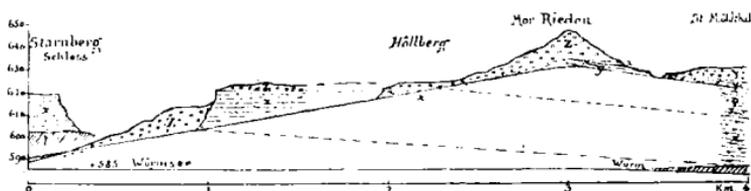
La dépression médiane est occupée par le *Wurmsee* ou *lac de Starnberg*, profond de 115 mètres et dont la surface n'est dominée que de 50 mètres par les moraines terminales. Ce lac, tout comme son voisin l'*Ammersee*, est creusé dans le *Deckenschotter* et atteint même le *Flinz*.

Jusqu'à la station de *Mühlthal*, la ligne du chemin de fer de *Munich* à *Starnberg* traverse la plaine de

Munich, coupée par la vallée de la *Würm* et dont la pente n'est que de 6⁰/₀₀; elle suit alors un prolongement de la plaine, qui, dès au-dessus de *Gauting*, passe entre les collines arrondies et couvertes de lehm des moraines extérieures. Au sud de *Mühlthal*, ce prolongement atteint les moraines internes.

A la station de *Mühlthal*, la ligne coupe une nagelfluh peu agglutinée couverte d'une forte couche de lehm et contenant quelques cailloux striés; ce doit être un équivalent des moraines externes *Y* et de l'alluvion des terrasses hautes *y*. En dessous, on rencontre une nagelfluh solide, très pauvre en galets cristallins; l'alluvion des plateaux *x*, puis, plus bas, un horizon aquifère indique dès 585 mètres la présence du Flinz. L'autre flanc de la vallée est déjà formé de moraine interne sous laquelle on constate une épaisseur de 20 mètres de terrasse basse. On a donc de nouveau ici les 3 alluvions superposées ou même emboîtées, puisque le *niederterrassenschotter* se trouve dans une vallée des alluvions plus anciennes.

Fig. 15.



Profil le long de la ligne du chemin de fer
de Mühlthal à Starnberg.

Echelles : Longueurs 1 : 50000. Hauteurs 1 : 4000.

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| Z, moraines terminales (internes). | y, alluvion des hautes terrasses. |
| z, alluvion des terrasses basses. | x, alluvion des plateaux. |
| Y, moraines extérieures. | t, Flinz. |

Le long de la ligne de *Starnberg*, tout près de la station de *Mühlthal*, on arrive devant les moraines internes à un vallon rempli d'alluvions des terrasses basses z. Ces mêmes alluvions sont visibles sur le hochterrassenschotter d'une exploitation de graviers près de la ligne; à la limite des deux dépôts, on constate encore des terminaisons d'apophyses d'altération, la couche d'altération elle-même a été érodée. Dans la tranchée du chemin de fer qui suit au sud, on voit la continuation du hochterrassenschotter sous forme de bancs de nagelfluh, qui cessent bientôt pour faire place à la moraine interne appliquée sur leurs tranches polies; cette alluvion contient des gâlets de deckenschotter. En effet, nous trouvons plus loin l'alluvion des plateaux coupée, présentant de magnifiques polis glaciaires et couverte de moraines qui continuent jusqu'au lac. Les moraines de la dernière glaciation reposent donc sur les tranches biaisées des alluvions plus anciennes, lesquelles témoignent par leurs surfaces polies de l'action érosive du glacier.

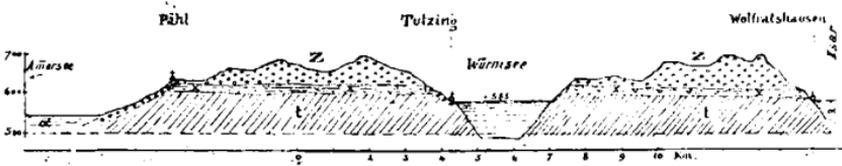
Au-dessus de *Berg*, sur la rive droite du lac, on retrouve les tranches du deckenschotter dont la base repose à environ 610 mètres d'altitude sur le Flinz — comme cela paraît ressortir de l'existence de nombreuses sources. Dans le village de *Berg*, il s'élève jusqu'à 640 mètres et présente, par places, de beaux polis; l'un d'eux a été déblayé et mis sous toit par les soins de la section de Munich de l'*Alpenverein*; il présente une surface presque miroitante, les cailloux et le ciment y étant coupés parfaitement au même niveau ¹.

¹ Figuré par E. Fraas (Scenerie der Alpen).

Vers le sud, les moraines superficielles s'élèvent jusqu'à une hauteur considérable, formant des dos dont l'un porte l'hôtel de la *Rottmannshöhe* — sur le toit, beau panorama de l'amphithéâtre.

Descendant vers le lac, nous traversons la tranche du deckenschotter superposé au Flinz à la même altitude qu'à *Berg*. En amont, à l'ouest d'*Ober-Allmannshausen*, à mi-chemin entre *Leoni* et *Ammerland*, une exploitation, visible de loin, met à jour une alluvion stratifiée horizontalement où se voit de nouveau la superposition de la moraine aux tranches biaises du schotter. Ce dépôt est analogue à ceux de *Luino* au lac Majeur.

Fig. 16.



Profil de l'Isar à l'Ammersee.

Echelles : Longueurs 1:250000. Hauteurs 1:2222.

α, alluvion récente.

x, alluvion des plateaux.

z, moraines néoglaciales (internes).

t, Flinz.

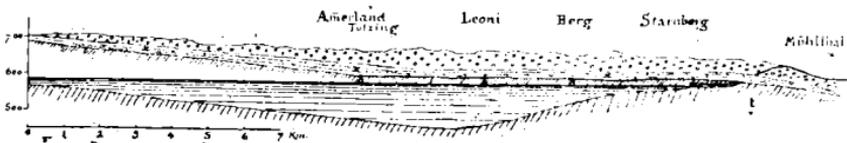
L'alluvion des plateaux est coupée sur la rive gauche du lac, en dessus de *Tutzing*, au même niveau que sur la rive droite. Dans le *Kalkgraben*, la surface supérieure du Flinz est à 615 mètres au-dessus; vient ensuite l'alluvion grossière contenant des intercalations sableuses et présentant une composition quelque peu différente de la composition ordinaire du

deckenschotter : cela est dû à une quantité de galets de flysch originaires de la nagelfluh miocène. Plus haut l'alluvion redevient normale et présente à 630 mètres une surface polie. La moraine recouvre au *Kalkgraben* les tranches de couches du deckenschotter.

Le lac de *Starnberg* est donc une sorte de cuvette creusée dans le deckenschotter ; les versants coupent en biais les couches de cette alluvion, dont les tranches sont revêtues de moraines tant à droite qu'à gauche et en aval ; il en résulte que la cuvette est postérieure à la glaciation du deckenschotter. Les polis glaciaires, nombreux à la surface du Deckenschotter, impliquent une usure glaciaire.

L'alluvion des plateaux, qui a d'ordinaire une pente de 5 à 6 ‰, n'en présente aucune entre *Mühlthal* et *Tutzing*, soit sur une longueur de 12 kilomètres. Sa surface à *Tutzing* est donc de 60 à 70 mètres en contre-bas de l'altitude qu'elle devrait avoir d'après son allure générale. D'*Ammerland* au château d'*Eurasburg*, la pente du deckenschotter est par contre plus forte que la normale, elle atteint en moyenne

Fig. 17.



Coupe en long du lac de Starnberg.

Echelles : Longueurs 1:250000. Hauteurs 2:2500.

z, moraines néoglaciales. x, alluvion des plateaux.

t, Fliinz.

12⁰/₀₀. Cette forte pente le long de la partie supérieure du lac est aussi peu naturelle que le manque de pente à la partie inférieure; il doit s'être produit dans la région du lac une dislocation formant une concavité de 60 à 70 mètres de flèche. Le *lac de Starnberg* est donc dans un synclinal.

Mais la profondeur de 60 à 70 mètres due à la formation de ce synclinal n'excède guère la moitié de la profondeur totale du lac, de telle façon qu'on ne peut regarder le lac comme résultant uniquement de ce synclinal.

Cela est d'autant moins probable que l'*Ammersee*, creusé comme le *Wurmsee* dans le *deckenschotter*, est placé en travers de l'anticlinal qui succède vers le nord au synclinal du *Wurmsee*.



Vendredi 21 septembre.

Départ d'*Innsbruck* à pied à 8 h. matin. Brèche rouge d'*Hötting* et moraine dans le *Weierburg Graben* et à la carrière *Mayr*. Gisement des plantes fossiles, brèche blanche, *Schafstall* et descente par le *Höttinger Graben*. Retour le soir.

Samedi 22 septembre.

Départ d'*Innsbruck*, 7 h. 37 matin. Arrivée à *Deisenhofen*, 1 h. 29 soir. A pied par le *Gleisenthal* à *Grunwald* et *Höllriegelskreut*. Superposition des diverses alluvions glaciaires, lœss ancien. — Départ de *Höllriegelskreut*, 6 h. 31. — Arrivée à *Munich*, 7 h.

Quartier à *Munich* : Hôtel Deutscher Kaiser.

Dimanche 23 septembre.

Départ de *Munich*, 8 h. 25 matin. — Arrivée à *Mühlthal*, 9 h. 16. — A pied de *Mühlthal* à *Starnberg*. Les trois alluvions, moraines internes et externes. — Départ en bateau à vapeur de *Starnberg* pour *Berg*, 12 h. 42 soir. — De *Berg* à pied à la *Rottmannshöhe* (alluvion des plateaux couverte de polis glaciaires) et à *Leoni*. — Départ de *Leoni* par bateau à vapeur, 3 h. 45 soir. — Arrivé à *Tutzing*, 4 h. 15. A pied à *Feldafing*. Alluvions des plateaux et moraines. — Départ de *Feldafing*, 7 h. 04. — Arrivée à *Munich*, 8 h. 24.

Messieurs les géologues qui désireraient participer à cette excursion sont priés de s'inscrire sans retard auprès de

M. le Professeur Dr Ed. Brückner, à Berne,

qui leur fera parvenir un guide-itinéraire détaillé du voyage.

Les librairies et établissements géographiques suivants fourniront sur commande adressée à l'avance les cartes mentionnées dans le guide :

J. Meier's Geograph. Institut., Zürich, Untere Bahnhofstrasse.

Schmid, Francke & Co, Bern & Lugano.

U. Hœpli, Milano, Corso Vittorio-Emanuele.

Theodor Riedel, München, Prannerstrasse 13.

Artaria & Co, Wien I, Kohlmarkt.

Nous recommandons surtout aux participants de se munir de chaussures très fortes, et de renfermer leurs effets dans des valises pouvant se fermer à clef et être expédiées par chemin de fer.