

LES ALPES ENTRE LE BRENNER ET LA VALTELINE

par M. Pierre **TERMIER**.

PLANCHES VII et VIII

AVANT-PROPOS

J'ai consacré une grande partie de l'été de 1904 à des courses géologiques dans les Alpes orientales, depuis la haute Valtelline et le haut Val Camonica au sud-ouest, jusqu'au col du Brenner au nord-est. Les résultats de ce voyage ont déjà fait l'objet de cinq notes¹ à l'Académie des Sciences. Les pages qui vont suivre contiennent les détails de mes observations. Tout ce que j'ai vu me semble venir à l'appui de la théorie que j'ai donnée, il y a un an, de la structure des Alpes orientales². Quelques tracés étaient restés indécis : je vais les préciser. Quelques interprétations étaient inexactes : je m'empresse de les rectifier. Mais, dans son ensemble, la *théorie du charriage* sort victorieuse de cette première épreuve. Sans doute, l'hypothèse du *traîneau écraseur*, et de la marche en avant des Dinarides par dessus les Alpes, reste encore une hypothèse ; mais le fait que, au nord d'une certaine ligne, les Alpes du Tyrol sont formées d'un paquet de nappes, ce fait n'est plus contestable, et, le nier, serait désormais nier l'évidence.

Je décrirai d'abord la région du Brenner, c'est-à-dire le pays déprimé qui va de Sterzing à Matrei, dominé d'un côté par le massif du Zillertal, de l'autre par les Stubaier Alpen. Je traiterai ensuite de la région de l'Ortler, c'est-à-dire du haut pays qui s'étend entre la Valteline et le Martelltal, et entre le Passo Tonale et l'Adige. Dans un troisième chapitre, je montrerai comment les

1. P. **TERMIER**. Nouvelles observations géologiques sur les nappes de la région du Brenner, *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXIX, 1904, p. 578. — Sur les nappes de la région de l'Ortler, *id.*, p. 617. — Sur la *fenêtre* de la Basse-Engadine, *id.*, p. 648. — Sur la continuité des phénomènes tectoniques entre l'Ortler et les Hohe Tauern, *id.*, p. 687. — Sur la structure générale des Alpes du Tyrol à l'ouest de la voie ferrée du Brenner, *id.*, p. 754.

2. P. **TERMIER**. Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes, *B. S. G. F.*, (4), III, p. 711-765.

phénomènes tectoniques sont continus entre ces deux régions, à travers le bord sud du massif de l'Étztal et la partie nord des Sarntaler Alpen. Je terminerai enfin par l'exposé de la structure générale du pays alpin, depuis le *bord alpino-dinarique* jusqu'à l'Inn, et depuis la Valteline jusqu'à la voie ferrée du Brenner.

Le lecteur voudra bien suivre mes descriptions sur les cartes. Je joins à ce mémoire un report de la belle carte topographique à 1/500 000 publiée par M. Ludwig Ravenstein, de Francfort-sur-le-Mein ; et j'indiquerai, au début de chaque chapitre, les feuilles des cartes détaillées, autrichiennes ou italiennes, qu'il est utile d'avoir sous les yeux.

I

STRUCTURE DE LA RÉGION DU BRENNER

Au sud d'Innsbruck, la route et la voie ferrée du Brenner remontent la vallée de la Sill, passent bientôt devant le débouché de la vallée de Stubai, traversent la petite ville de Matrei, puis les villages de Steinach, de St-Jodok et de Gries, et atteignent enfin, à l'altitude de 1370 mètres, le col du Brenner (Brennersattel) où la Sill prend sa source, et où les eaux se partagent entre le versant de la mer Noire et le versant de l'Adriatique. Le ruisseau qui, au-delà du col, coule vers l'Adriatique, est l'Eisack naissante. La route et la voie ferrée vont suivre désormais cette Eisack jusqu'à son confluent avec l'Adige. Sur ce parcours, elles traversent, successivement : Gossensass, au débouché du Val de Pflersch ; Sterzing, à l'entrée d'une petite plaine où concourent, avec la gorge de l'Eisack, la vallée de la Mareiter et le Val de Pfitsch ; Mauis, où commence un étroit défilé, creusé dans la tonalite ; puis les villes de Franzensfeste, Brixen, Klausen et Bozen ¹.

C'est entre Matrei, au nord, et Sterzing, au sud, que je considérerai et décrirai la *région du Brenner*. La distance qui, à vol d'oiseau, sépare ces deux villes, est seulement de 25 kilomètres.

1. LEOPOLD VON BUCH a consacré tout un chapitre de ses *Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien* (Berlin, 1802, tome I, chap. V, p. 267-298) à une comparaison du passage du Brenner avec le passage du Mont-Cenis. Cette comparaison est surtout géographique. Mais, dans le chapitre précédent (chap. IV, p. 258), on lit ces phrases, qui montrent bien que l'illustre géologue a été frappé de la persistance, d'un bout à l'autre de la chaîne des Alpes, des faciès du Trias et des Schistes lustrés : « Die ganze Masse des Brenners von Gries bis fast nach Sterzingen « hinab ist ein hellweisser, feinkörniger Kalkstein, nur selten mit Glimmer « gemengt. Er scheint für die hohe Alpen charakteristisch zu sein, denn er « findet sich in dieser Höhe und Menge von Piemont bis nach Grätz. »

La stratigraphie de ce pays est suffisamment connue, au moins dans ses grandes lignes, pour que je n'aie pas à y revenir. M. Frech ¹ a fortement établi l'âge triasique des marbres et dolomies du massif des Tribulaun. M. F. E. Suess ² a montré, vers la même époque, que les calcaires et dolomies des Tarntaler Köpfe et du Mieslkopf appartiennent également au Trias. Le Trias des Tribulaun repose sur des micaschistes, fréquemment grenatifères, décrits par M. Frech sous le nom d'Archéen. Ce même Trias est chevauché ³ par des phyllades (Quarzphyllit) qui forment un ensemble très homogène, et qui, près de Steinach, renferment des plantes d'âge carbonifère supérieur.

Un autre terrain, très puissant, très homogène, très distinct des précédents, est formé de calcschistes micacés, associés à des marbres micacés et à des roches vertes : ce sont les *Brennerphyllite* de M. Rothpletz ⁴, les *Kalkphyllite des Brenner* de M. F. E. Suess, les *Kalkglimmerschiefer* de MM. Becke et Löwl ⁵. J'ai longuement expliqué l'année dernière, ici même ⁶, que ces calcschistes micacés forment l'étage supérieur de la couverture schisteuse (*Schieferhülle*) qui enveloppe les Hohe Tauern, et que, tout autour des Hohe Tauern, ils plongent, périclinalement, sous des terrains paléozoïques ou sous des gneiss, le plus souvent avec intercalation *d'une lame*, d'épaisseur extrêmement variable, dans laquelle dominent les assises triasiques.

1. F. FRECH. Die Tribulaungruppe am Brenner in ihrer Bedeutung für den Gebirgsbau ; *Richthofen-Festschrift*, Berlin, chez Reimer, 1893. Le Trias des Tribulaun est, dans sa partie calcaire, du Trias moyen (*Diplopores*) ; mais il comprend parfois à sa base un puissant étage de quartzites, qui est peut-être du Trias inférieur.

2. F. E. SUESS. Das Gebiet der Triasfalten im Nordosten der Brennerlinie ; *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt*, Bd. XLIV, 1894, p. 589-670. Ce Mémoire débute par une bibliographie assez complète des travaux géologiques relatifs à la région du Brenner. Il est accompagné d'une carte géologique à 1/75 000, qui s'étend de Matrei à la Thorwand dans la direction de l'est, mais qui, vers le sud, ne dépasse guère le vallon de Navis. A partir de ce vallon, et jusqu'au delà de Sterzing, nous n'avons, actuellement encore, aucune carte géologique détaillée de cette admirable région, dont l'accès est pourtant si facile, et dont la structure est si importante à connaître pour quiconque veut pénétrer le secret des Alpes orientales.

3. F. FRECH. *Loc. cit.*, *passim*.

4. A. ROTHPLETZ. Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen ; Stuttgart, 1894, p. 152.

5. F. BECKE et F. LÖWL. Exkursionen im westlichen und mittleren Abschnitt der Hohen Tauern. *Livret-guide des excursions en Autriche du 9^e Congrès géologique international*, Vienne, 1903.

6. P. TERMIER. *Loc. cit.*, *B. S. G. F.*, (4), III, 1904, p. 719, et p. 731.

J'ai dit aussi que ce terrain, à la fois calcaire et métamorphique, est identique, pétrographiquement, à nos *Schistes lustrés* des Alpes occidentales; qu'il contient, avec *les mêmes* calcschistes, *les mêmes* marbres micacés, et *les mêmes* roches vertes; que ces *Schistes lustrés* se retrouvent, à quelque 60 kilomètres à l'ouest du Brenner, dans la Basse-Engadine, entre Guarda et le pont de Pontlatz, avec les mêmes caractères; que l'on ne peut guère douter que ces *Schistes lustrés*, ici, comme dans la Basse-Engadine, et comme dans toutes les Alpes occidentales, ne soient une *série compréhensive*, mésozoïque et néozoïque, *postérieure*, en tout cas, au Trias à *Diplopores* ¹.

Pour le moment, je ne m'occuperai pas de l'âge de ces Schistes lustrés. Une chose certaine et qui, provisoirement, me suffit, c'est qu'ils forment un complexe spécial, un terrain à part, ayant son entité stratigraphique. Aucun des géologues qui ont traité du Brenner ne s'est mépris sur cette entité. Sur la carte géologique de la région située à l'est de Matrei, dressée par M. F.-E. Suess, sur la carte d'ensemble de la partie occidentale des Hohe Tauern, dressée par MM. Becke et Löwl ², les *Kalkphyllite*, ou les *Kalkglimmerschiefer*, sont désignés par une teinte qui leur est propre. Et, en fait, il n'y a aucune difficulté à distinguer ce terrain, que j'appelle *les Schistes lustrés*, des autres terrains du pays.

Sous les Schistes lustrés, vient l'étage inférieur de la *Schieferhülle* des Hohe Tauern, formé de calcaires cristallins, de quartzites, de conglomérats, de micaschistes, d'amphibolites, et enfin de gneiss. J'ai longuement rappelé, dans mon Mémoire de l'an dernier, la stratigraphie de cet étage, telle que nous la connaissons d'après MM. Becke et Löwl ³; et j'ai dit que, pour moi, cet étage n'est pas une série sédimentaire continue, mais bien une *série complexe*, où s'intercalent des lames de Trias ⁴. On verra que toutes mes observations de 1904 viennent à l'appui de cette manière de voir.

Enfin, la *Schieferhülle* repose, concordante, sur le *Zentralgneis* des Hohe Tauern. Sur ce dernier point, je n'ai encore qu'à renvoyer à mon Mémoire de 1903, où je résume les travaux de MM. Becke et Löwl.

Pour terminer ce bref exposé de la stratigraphie de la région du Brenner, je rappellerai ce que, dans mon Mémoire de 1903, j'ai dit

1. *Id.*, p. 729 et suiv.

2. F. BECKE et F. LÖWL. *Loc. cit.*, carte d'ensemble à 1/500000.

3. *Id.* *Ibid.*

4. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 720 et suiv.

des quartzites du Trias ¹. Ces quartzites ont un énorme développement à la Gschösswand, près de Mairhofen. Ils sont indissolublement liés aux calcaires à *Diplopores*, mais ils sont situés, normalement, au-dessous de ces calcaires. Ce sont les mêmes quartzites que M. F. E. Suess décrit, dans son Mémoire, et figure, sur sa carte, sous le nom de *Quarzsericit-Grauwacken und Schiefer*. M. F. E. Suess propose leur attribution au Permien ², à cause de l'aspect de *sernifites* qu'ils ont parfois et qui avait déjà frappé M. Rothpletz ³. J'ai montré ⁴ que les mêmes quartzites se retrouvent au Wolfendorn, en pleine *Schieferhülle*. Je dirai plus loin qu'ils apparaissent, çà et là, dans *la lame triasique* des Tribulaun. Il est fort possible que, vers leur base, ces quartzites passent au Permien: mais leur liaison avec le Trias à *Diplopores*, constante dans toute la zone axiale des Alpes (Briançonnais, Vanoise, Alpes Pennines, Engadine, Zillertal, et jusqu'au Semmring) ne permet pas de douter qu'ils ne soient, pour la plus grande partie, d'âge triasique (probablement Trias inférieur).

Je puis maintenant commencer l'analyse structurale de la région du Brenner, en partant du bord méridional de la carte de M.F.-E. Suess, et marchant vers le sud, jusqu'à Sterzing.

Les Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer) apparaissent, ainsi que l'indique la carte de M. F.-E. Suess, au vallon de Navis, c'est-à-dire à 1500 mètres environ au sud de Matrei. A partir de là, et jusqu'à Sterzing, le défilé du Brenner (vallée de la Sill d'abord, vallée de l'Eisack ensuite) est constamment creusé, soit dans les Schistes lustrés, soit à la limite des Schistes lustrés et des terrains sur lesquels ils reposent. Et, tout le long de ce défilé, l'allure des Schistes lustrés est la même. Ils plongent à l'ouest, ou au nord-ouest, sous une *lame triasique* qui les sépare des phyllades paléozoïques; et ils reposent eux-mêmes, en parfaite concordance, sur un calcaire cristallin qui est le *Hochstegenkalk* de M. Becke, et qui, pour moi, n'est qu'un faciès, un peu plus métamorphique, du Trias moyen ⁵.

La lame triasique qui surmonte les Schistes lustrés et qui est, avec ces schistes, exactement concordante, a une épaisseur extrêmement variable, tombant parfois, et localement, à zéro — la lame manque alors sur une certaine étendue, et les Schistes lustrés confinent directement au Paléozoïque. — grandissant ailleurs jus-

1. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 721 et suiv.

2. F. E. SUSS. *Loc. cit.*, p. 593.

3. A. ROTHPLETZ. *Loc. cit.*, p. 145.

4. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 724-727.

5. F. BECKE. *Loc. cit.* P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 720 et suiv.

qu'à plusieurs centaines de mètres, et même jusqu'à plus de mille mètres. Cette lame, ainsi que je l'ai dit l'année dernière¹, existe à Mairhofen, et l'on peut l'observer dans les deux montagnes de la Gschösswand et de la Rettelwand, qui se font face sur les deux rives de la Ziller.

Entre la Gschösswand et le vallon de Navis, je ne doute pas qu'elle ne soit continue, ou à peu près continue. Ou je me trompe fort, ou c'est à cette lame qu'appartiennent les affleurements triasiques marqués, sur la carte de M. F.-E. Suess, entre le village de Navis et le Kreuzjöchl ; et ceux aussi que le même auteur a marqués, sur le même alignement est-ouest, entre le Sägenhorst et la Hochwartspitze. Ces derniers sont à moins de huit kilomètres et exactement sur le prolongement des quartzites signalés par M. Becke² au nord du Grünberg, lesquels prolongent évidemment, et sans aucun hiatus, les quartzites de la Gschösswand. M. F.-E. Suess s'est attaché surtout, dans l'exécution de sa carte et dans le dessin de ses coupes³, aux contours et aux plissements des masses triasiques posées sur les phyllades paléozoïques (Tarn-taler Köpfe, Thorwand, Hippoldspitze, Mieslkopf), masses qui appartiennent à une nappe supérieure, également visible à la Gschösswand et à la Rettelwand⁴ : la limite des Schistes lustrés (Kalkphyllite) et des phyllades paléozoïques ne lui a pas paru présenter un intérêt comparable, et cela a suffi pour lui faire commettre quelques erreurs dans le tracé de cette limite, et pour l'empêcher de voir la continuité, ou la quasi-continuité, de l'intercalation, dans ce même contact, d'une lame de Trias.

Suivons, au sud du vallon de Navis, le bord occidental des Schistes lustrés⁵.

Entre le vallon de Navis et le hameau de Siegreith (à l'amont de Steinach), ce bord coïncide avec la vallée de la Sill. Les Schistes lustrés forment les montagnes de la rive droite et s'élèvent jusqu'à l'altitude de 2604 mètres (Schafseitenspitze). La rive gauche est faite de phyllades paléozoïques. Ces phyllades, au nord de Steinach, sont peu épais et s'enfoncent très vite sous les calcaires triasiques du Hablerberg et de la Weissewand ; au sud de Steinach, ils prennent, au contraire, un énorme développement et s'élèvent

1. P. TERMIER *Loc. cit.*, p. 733.

2. F. BECKE. *Livret-guide de l'excursion VIII du 9^e Congrès géol. international*, fig. 1, p. 15.

3. F. E. SUSS. *Loc. cit.*, carte et coupes.

4. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 734 et suiv.

5. Carte spéciale d'Autriche-Hongrie à l'échelle de 1/75 000 : zone 17, colonne V (Matrei) ; et zone 18, colonne V (Sterzing et Franzensfeste).

jusqu'à près de 2500 mètres d'altitude (Schöne Grube). C'est dans cette région, près du Nösslachjoch, que Pichler a trouvé, dans ces mêmes phyllades, des empreintes végétales, assimilées par Stur aux empreintes des couches d'Ottweiler¹. Il n'y a donc aucun doute sur l'âge de ce complexe phylladique, sous lequel plongent les Schistes lustrés: tout n'y est peut-être pas d'âge houiller; mais, à coup sûr, le complexe est paléozoïque, et c'est tout ce qui m'importe en ce moment.

Les alluvions de la Sill cachent, au nord de Steinach, la lame triasique intermédiaire, sauf en un point qui a échappé à l'attention de M. F.-E. Suess. Ce point est situé tout à côté et au-dessus de la grande route, près des maisons de Salfau. On y voit affleurer les calcaires du Trias, plongeant faiblement vers l'ouest.

1. PICHLER. Beiträge zur Geologie von Tirol. *Zeitschr. d. Ferdinandeums*, dritte Folge, VIII, 1859, p. 219; et *Jahrb. der geol. Reichsanstalt*, 1870, p. 273.

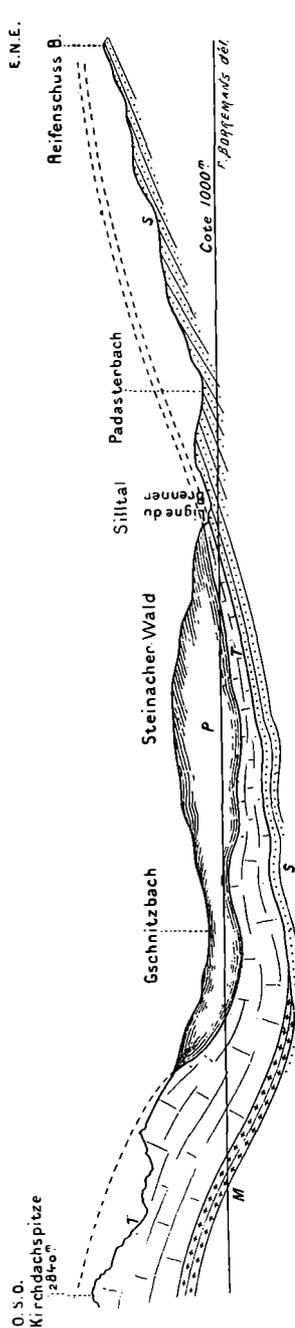


Fig. 1. — Coupe de la Kirchdachs Spitze au Reifenschussberg, à travers le Gschnitztal et le Silltal. — Echelle : 1/100 000. M, Micaschistes; P, Phyllades paléozoïques (en partie d'âge houiller); T, Trias, marbres et dolomies des Tribulaun; S, Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer). — La continuité du Trias par dessous les phyllades serait hypothétique si cette coupe était isolée; mais elle ressortira avec évidence de la succession des coupes. De même, le fait que les micaschistes M s'intercalent peu à peu entre les Schistes lustrés et le Trias. Les micaschistes M et le Trias T appartiennent à une nappe dont la racine est sur la droite du lecteur, au-delà du pays des Schistes lustrés, donc au-delà des Hohe Tauern, à quelque 20 kilomètres au sud-est du Reifenschussberg.

— STUR: Geologie der Steiermark, Graz, 1871, p. 155.

Au sud de Steinach, la lame intermédiaire apparaît, nettement visible et bien découverte. Désormais, nous l'allons pouvoir suivre, pas à pas, jusqu'au delà de Sterzing. A Steinach même (carrière au sud-ouest de la station), la lame est formée de marbres zonés, translucides, épais de 40 à 50 mètres, et plongeant d'environ 10 degrés vers l'ouest. Ces marbres, dont le faciès est identique à celui des marbres des Tribulaun, s'enfoncent sous les phyllades paléozoïques concordants. En face de Siegreith, le bord des Schistes lustrés ayant traversé la Sill, on voit (au dessus de Steidl) ces mêmes marbres reposer en concordance sur les Schistes lustrés.

La figure 1 représente ces relations (désormais constantes pour toute la région du Brenner) entre les Schistes lustrés, la lame triasique intermédiaire, et les phyllades paléozoïques. C'est une coupe normale à la direction générale des assises, passant à quelques centaines de mètres au sud de la station de Steinach.

Dans la vallée de Gschnitz (partie gauche de la fig. 1), les calcaires triasiques reposent, non plus sur les Schistes lustrés, mais sur des micaschistes¹. Ces micaschistes sont identiques à ceux qui forment, au nord de la Kirchdachspitze, le fond du Pinnistal. Nous les retrouverons, au sud des Tribulaun, dans le Val de Pflersch ; et nous les verrons alors se prolonger vers l'est jusqu'à Gossensass, et là, *s'intercaler entre les Schistes lustrés et le Trias*. On peut passer du Val de Gschnitz au Val de Pflersch — en contournant par l'ouest les derniers témoins de la lame triasique — sans cesser de fouler les micaschistes en question. Près de Gschnitz, ils plongent vers le nord-est, comme le Trias qui les recouvre ; et, *dans l'ensemble*, il y a concordance entre l'allure du Trias et l'allure des assises cristallines. Mais on observe souvent, dans les micaschistes, des froissements et des repliements locaux, qui sont beaucoup plus rares dans les couches triasiques. Ces discordances locales, qui sont, pour la plupart, consécutives à la formation des nappes, masquent partout les discordances originelles, si tant est qu'il y ait eu discordance, à l'origine, entre les deux formations. Le plus souvent, quand on voit le contact du Trias et des micaschistes, c'est une concordance à peu près exacte que l'on observe².

1. F. FRECH. Die Tribulaungruppe am Brenner in ihrer Bedeutung für den Gebirgsbau. *Richtofen-Festschrift*, Berlin, chez Reimer, 1893, p. 6 et 11.

2. *Id. Loc. cit., passim*. Je suis pour mon compte, porté à croire — et j'y reviendrai plus loin — que les micaschistes en question ne sont point de vieux micaschistes, qu'ils sont plutôt du Permien métamorphique, et qu'ainsi il a très bien pu y avoir, à l'origine, concordance exacte, ou à peu près exacte, entre eux et le Trias. Les discordances locales signalées par M. Frech seraient alors purement mécaniques : et l'on sait que c'est là chose fréquente, dans les nappes, entre roches schisteuses et roches calcaires, ou entre roches schisteuses et roches massives.

J'ai dit, en parlant des phyllades paléozoïques qui recouvrent, au nord de Steinach, près de Salfaun, les calcaires triasiques, que ces phyllades s'enfoncent sous les calcaires, également triasiques, du Hablerberg et du Blaseberg. Ces masses calcaires, ainsi superposées aux phyllades paléozoïques de Steinach, sont donc les équivalents tectoniques des masses triasiques du Mieslkopf et des Tarntaler Köpfe, décrites par M. F.-E. Suess. Mais comme le Trias de la nappe inférieure est continu, au nord de Gschnitz, depuis la Kirchdachspitze jusqu'à la Waldrastspitze (Serlesspitze), il faut que, comme l'a observé M. Frech¹, les phyllades paléozoïques de Steinach aillent s'écraser entre Trias et Trias, près du Kalbenjoch : écrasement d'ailleurs tout local, puisque ces mêmes phyllades reprennent, à l'est de Matrei, l'énorme développement que l'on sait. Tout au sommet de la Waldrastspitze, à 2719 mètres d'altitude, il y a un lambeau de phyllade quartzeux, témoin de la nappe supérieure².

Je me trompais donc, lorsque, l'année dernière, j'assimilais le massif calcaire de la Serlesspitze, ou Waldrastspitze, à la nappe de la Rettelwand, c'est-à-dire à la nappe du Mieslkopf et des Tarntalerköpfe³. Ce massif calcaire appartient à la nappe des Tribulaun, c'est-à-dire à la nappe qui supporte les phyllades paléozoïques de Steinach. Je me trompais aussi, lorsque j'assimilais la nappe triasique des Tribulaun à la nappe profonde de la *Schieferhülle*, et que je la faisais s'enfoncer au sud *sous les Schistes lustrés*. La seule coupe de la figure 1 montre, d'ores et déjà, que la nappe triasique des Tribulaun est *sur* les Schistes lustrés, et non pas dessous.

A l'amont de Siegreith, et jusqu'au col du Brenner, l'étroit défilé où coule la Sill est creusé dans les Schistes lustrés. Le bord occidental de ces Schistes lustrés se tient à quelques centaines de mètres à l'ouest du défilé, et l'on peut aisément le suivre, par le ravin à l'amont de Steidl, le point 1382 au sud-ouest de Zagl, le village de Nösslach, les pentes entre St-Jakob et Gries, et, plus au sud, par un ancien chenal, un ancien lit de la rivière, que la croupe appelée Kerschbaum Berg sépare du lit actuel. *Le long de ce bord, partout où les terrains affleurent, on voit apparaître l'affleurement de la lame intermédiaire, réduite parfois à quelques mètres d'épaisseur*, et toujours formée de marbres zonés translucides (type des Tribulaun) plongeant faiblement, vers l'ouest, sous les phyllades paléozoïques.

1. F. FRECH: *loc. cit.*, p. 19.

2. *Id.* *Loc. cit.*, p. 8, note au bas de la page.

3. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 738.

De toutes les observations que j'ai faites, en 1904, dans la région du Brenner, c'est là, je crois bien, la plus importante. L'ancien chenal dont je viens de parler, où se trouvent aujourd'hui, à 300 mètres au-dessus du thalweg actuel de la Sill, les pâturages de l'Aigner Alpe, a été déterminé jadis par l'affleurement de la bande calcaire, beaucoup moins dure que les Schistes lustrés sous-jacents. Un fait bien curieux, c'est que, tout le long de cet ancien lit de la Sill, les sources abondent. L'affleurement de la bande calcaire est un *lieu* d'émergence des eaux. La lame triasique fonctionne donc comme une *nappe aquifère*. La raison en est que, comme nous l'avons déjà vu par la première coupe, et comme nous l'allons voir encore par d'autres exemples, cette lame se relève bientôt, par dessous le massif de phyllades, et s'en va, à l'ouest de ce massif, affleurer à de grandes hauteurs, et même former de hautes montagnes, qui ne sont autres que les Tribulaun¹.

A Gries, les Schistes lustrés renferment des *roches vertes*, que l'on voit affleurer au-dessus des maisons du village, sur la rive gauche de la Sill. La montagne boisée qui domine la gorge à l'est, le Padauner Berg, est formée de Schistes lustrés du type ordinaire, c'est-à-dire de calcschistes micacés, auxquels s'associent des couches de marbres à mica blanc, très éclatants, et aussi de gros bancs de marbres gris ou gris-bleuâtre, translucides, faiblement micacés. Ces assises marmoréennes affleurent près de la station de Gries, et on leur a emprunté les matériaux des murs de soutènement du chemin de fer. Les divers marbres dont je viens de parler se distinguent aisément des marbres triasiques, soit du type Tribulaun, soit du type Wolfendorn (Hochstegenkalk), qui sont beaucoup plus blancs, et, d'une façon générale, moins micacés.

A deux ou trois cents mètres de Gries, sur la route d'Obernberg, dans la vallée du Seebach, on peut observer très facilement le passage de la lame triasique intermédiaire, reposant sur les Schistes lustrés, et plongeant sous les phyllades. Une petite carrière est ouverte, tout à côté de la route, sur l'affleurement des marbres du Trias. Les bancs ont ici une très faible inclinaison vers le sud-ouest.

Le Trias (marbre blanc, zoné, translucide, identique aux marbres des Tribulaun) mesure 6 mètres d'épaisseur. Il s'enfonce sous des phyllades luisants, semblables au Verrucano des Alpes centrales.

1. Je me permets d'appeler l'attention des géographes sur cette observation, qui est, me semble-t-il, tout à fait nouvelle. Une lame calcaire, comprise dans un paquet de nappes, ou de plis couchés, et qui se trouve, dans ce paquet, être comprise entre deux complexes d'assises imperméables, peut jouer le rôle d'un niveau aquifère, absolument comme un banc calcaire compris entre deux étages d'argile, dans une série sédimentaire continue.

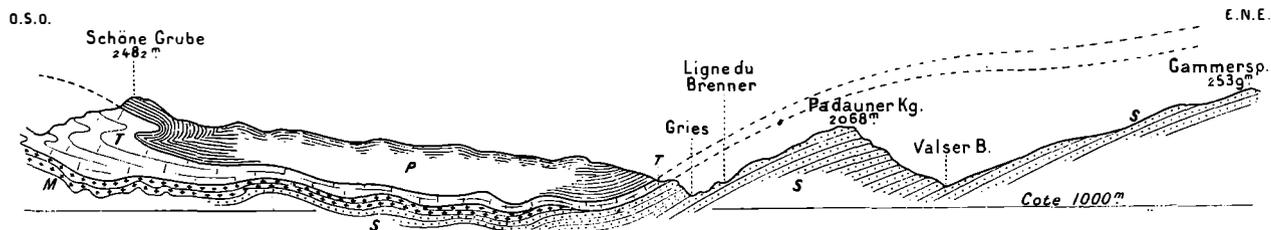


Fig. 2. — Coupe de la Schönegrube à la Gammerspitze, par Gries-am-Brenner. — Echelle: 1/100 000. — A l'est, c'est-à-dire à droite de la figure, les Schistes lustrés reposent sur le Hochstegenkalk et sur les gneiss du Zillertal; et c'est au delà de ce massif du Zillertal, à 15 kilomètres environ au sud-est de Gries, que se trouve la racine de la nappe triasique ici représentée.

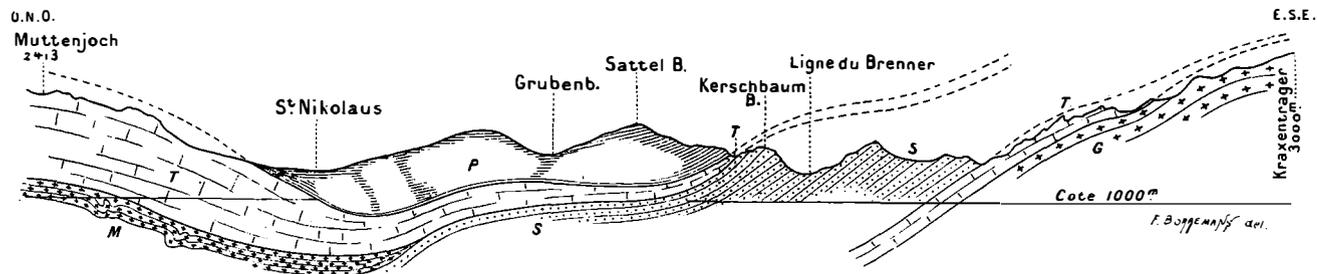


Fig. 3. — Coupe du Muttenjoch au Kraxentragger, par St-Nikolaus (Obernberg). — Echelle: 1/100 000. — Les assises marquées en Trias, sous les Schistes lustrés, comprennent le Hochstegenkalk de M. Becke. La racine de la nappe triasique du Muttenjoch est sur la droite, à 11 kilomètres environ au sud-est du Silltal.

M, micaschistes; *P*, phyllades paléozoïques (Houiller, Verrucano, etc.); *T*, Trias (marbres et dolomies des Tribulaun; marbres, dolomies et quartzites du Wolfendorn); *S*, Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer) et roches vertes; *G*, Zentralgneiss du Tuxerkern.

Sous le Trias, et parfaitement concordants avec lui, on observe : 2 mètres d'une roche verte épidotifère, qui est probablement un gabbro transformé ; puis 2 mètres de marbres, gris-bleuâtre ou violacés, un peu schisteux, du type des marbres du Padauner Berg dont je parlais tout à l'heure ; ensuite 2 m. 50 d'un micaschiste à grandes lamelles de chlorite et de mica blanc, d'un type fréquent dans le cortège des *pietre verdi* ; enfin des calcschistes micacés qui ont le faciès habituel des Schistes lustrés.

En face de cette carrière, sur l'autre rive du Seebach, les marbres triasiques affleurent encore, et la coupe est la même. On se trouve là au débouché de l'ancien lit de la Sill, qui descend de l'Aigner Alpe et où j'ai dit, plus haut, que l'on observe, d'une façon presque continue, le passage des affleurements de la bande de Trias.

Je donne, dans la figure 2, une coupe à travers cette région de Gries. Les ondulations que je prête à la lame triasique intermédiaire ne sont pas entièrement hypothétiques. Il est certain que des roches vertes épidotifères, entièrement semblables à celles qui forment, près de Gries, le mur immédiat du Trias, affleurent dans le Rubenwald, au nord-ouest de St-Nikolaus. Les Schistes lustrés forment donc un bombement, qui les ramène localement au jour dans la partie moyenne de l'Obernbergertal. Les contournements des marbres triasiques à l'ouest de la Schöne Grube ont été décrits par M. Frech¹.

Par le travers de Gries, et aussi par le travers de Steinach, la largeur de la bande des Schistes lustrés est d'environ 8 ou 9 kilomètres. Elle diminue rapidement au sud de Gries. De l'Aigner Alpe au fond du Vennatal, il n'y a plus que 4 kilomètres de Schistes lustrés. Sur ma troisième coupe (fig. 3), la largeur de cette même bande tombe à 3 kilomètres ; au col du Brenner, enfin, elle n'atteint pas 1 200 mètres. Dans cette figure 3, on voit les Schistes lustrés reposer, à droite, sur les marbres du Griesberg, prolongement de ceux du Wolfendorn. J'ai dessiné, à l'ouest de St-Nikolaus, le bombement des Schistes lustrés auquel j'ai fait allusion un peu plus haut.

Le col même du Brenner (Brennersattel) est ouvert dans les Schistes lustrés. On les voit affleurer sur les deux versants. A l'ouest, ils forment l'escarpement abrupt qui domine l'hôtel, et dont la hauteur totale est d'environ 300 mètres. Dans tout cet escarpement, les bancs plongent à l'ouest, très faiblement (moins de 20 degrés en moyenne). Sur le versant est du col, les Schistes lustrés plongent un peu plus fortement que la montagne elle-même, de

1. F. FRECH. *Loc. cit.*, p. 19, et fig. 9.

sorte que, en s'élevant vers la Postalpe, on les traverse assez vite, et que l'on atteint leur substratum, c'est-à-dire le Hochstegenkalk, à peu près à la hauteur des premiers chalets.

Au dessus de l'escarpement qui domine le col à l'ouest, se trouve un replat, occupé par de beaux pâturages. Ce replat correspond à l'ancien chenal de la Sill et à l'affleurement de la lame triasique intermédiaire. Mais, dans le vallon même de l'Eisack, la lame triasique paraît manquer, ou être réduite à zéro, et il semble bien que, là, les phyllades paléozoïques reposent directement sur les Schistes lustrés. Il faut aller jusqu'aux pentes qui s'élèvent au-dessus de la Steinalpe pour voir reparaître les marbres triasiques. A partir de ce point, nous allons les voir se renfler graduellement, et, sans plus jamais manquer, se poursuivre jusque dans les grands escarpements des Tribulaun¹.

A la Postalpe, vers l'entrée du ravin pierreux où s'engage le sentier du Wolfendorn, on voit affleurer, sous les Schistes lustrés, les marbres très cristallins du type Wolfendorn, graduellement raplanis. Ces marbres sont le Hochstegenkalk de M. Becke. Je ne doute pas qu'ils ne soient un faciès métamorphique du Trias, et j'ai donné l'année dernière², en décrivant les alentours du Wolfendorn, les raisons qui me paraissent, à cet égard, presque décisives. Dans le fond du ravin, sur le sentier même, affleurent un instant, dans une déchirure des marbres, les quartzites noirâtres. Un peu plus haut, au point où le sentier atteint l'arête même du Wolfendorn, affleurent des micaschistes tendres, analogues à ceux qui vont souvent avec les quartzites. Ce qui domine, dans ce Trias métamorphique de la Postalpe, ce sont les marbres blancs *largement cristallins*. Mais il y a aussi des marbres micacés (*marbres phylliteux*), des marbres jaunes et des marbres gris en minces plaquettes, et enfin les quartzites noirs et les micaschistes dont je viens de parler. Les marbres à grain fin, zonés, translucides, qui sont le faciès habituel dans la nappes des Tribulaun, sont ici assez rares.

A moins d'un kilomètre au sud du col du Brenner, la limite des Schistes lustrés et de leur substratum triasique descend jusqu'à la

1. M. Frech, partant des Tribulaun et suivant une marche inverse de la mienne, a constaté que les marbres des Tribulaun se prolongent, sous les phyllades paléozoïques, jusqu'au-dessus de Brennerbad. En réalité, ils se poursuivent sans interruption, mais graduellement amincis, jusqu'à la Steinalpe (F. FRECH. *Loc. cit.*, p. 15).

2. P. FERMIER. *Loc. cit.* p. 724 et 725. Je n'ai rien à changer à cette argumentation. Mais je dirai plus loin, en terminant ce Mémoire, quelles nouvelles raisons nous avons, aujourd'hui, de croire à l'âge triasique du Hochstegenkalk et à la *complexité* de la *Schieferhülle*.

grande route, et l'on voit, tout à côté de cette route, affleurer le Hochstegenkalk. La largeur de la bande de Schistes lustrés tombe à moins de 1200 mètres. Elle diminue encore, et n'est plus, vers la scierie de pierres (Steinsäge de la carte) que de 600 mètres ; et elle garde cette même étroitesse jusqu'à Brennerbad. L'épaisseur des Schistes lustrés, comptée normalement aux assises, est d'environ 700 mètres à la Steinsäge ; elle tombe à 600 mètres, et peut-être même à 500 mètres, aux alentours de Brennerbad.

Au dessus de ces Schistes lustrés, dès que l'on a, en marchant vers le sud, dépassé le Steinbach, la lame triasique devient brusquement très grosse. Le Trias forme le sommet 2015, et occupe l'arête, au-dessus de ce point, jusqu'à peu de distance du Brennerkofl (fig. 4). Le sommet 2015 est fait de marbres blancs (type Tribulaun) ; plus haut viennent des calcaires jaunes, micacés, parfois bréchiformes, et beaucoup de calcaires gris, siliceux, en minces plaquettes. Un peu à l'ouest du Brennerkofl (2120), sur l'arête même, les marbres gris triasiques reparaissent un instant, froissés et verticaux, au milieu des phyllades noirâtres du Paléozoïque. C'est une brusque ondulation de la nappe triasique. Deux pointements tout semblables (Trias sous le Paléozoïque) s'observent, l'un au-dessus de la Wechslalpe, près du point 2230, l'autre un peu au nord du Wechsljoch. Une *fenêtre* analogue, mais beaucoup plus grande, ramène encore le Trias au jour, dans le fond du valon de Frader, à l'est de l'Allerleigrübenspitze. Une quatrième *fenêtre* s'ouvre sur le versant occidental de l'Allerleigrübenspitze : le Trias qui y affleure est fait de marbres très blancs, zonés, un peu phylliteux, qui seraient d'admirables pierres d'ornement, s'ils n'étaient aussi fracturés.

Le Paléozoïque au travers duquel s'ouvrent ces *fenêtres* est d'un aspect très uniforme. Le terme qui domine est un schiste quartzeux et micacé (Quarzphyllit), ressemblant au Verrucano. Entre le Kreuzjoch et le Wechsljoch, il y a beaucoup de schistes quartzeux très noirs, évidemment charbonneux. La dureté est très variable. Les bancs sont généralement horizontaux.

Je réunis dans la figure 4 deux coupes à travers cette région, allant des Tribulaun à l'arête du Wolfendorn. Si l'on veut bien comparer ces coupes aux trois précédentes, on ne doutera plus, ni de la continuité de la nappe triasique intermédiaire, ni de la constance de la structure dans tout le pays compris entre Brennerbad et Steinach. La coupe par Brennerbad montre l'intercalation, dans le Trias situé au-dessous des Schistes lustrés, d'une épaisse lame de micaschistes. Ce sont les micaschistes, fréquemment grenati-

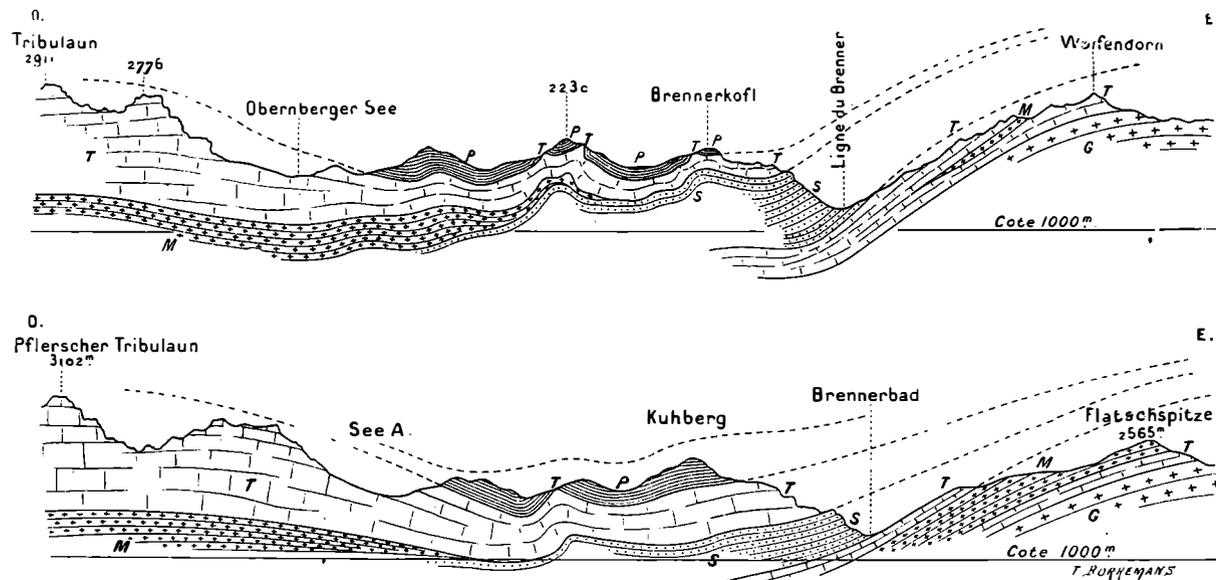


Fig. 4. — Deux coupes à travers les montagnes du Brenner, des sommets calcaires des Tribulaun au massif gneissique du Tuxerkern. — Echelle: 1/100 000.

M, Micaschistes; *P*, phyllades paléozoïques; *T*, Trias (marbres des Tribulaun, marbres et quartzites du Wolfendorn et du Schlüsseljoch); *S*, Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer); *G*, Zentralgneiss. — On voit les ondulations et les brusques ressauts de la nappe triasique des Tribulaun, sous sa couverture paléozoïque. Sur la gauche, le Trias des Tribulaun repose sur des micaschistes, que nous verrons bientôt, à Gossensass, s'intercaler entre le Trias et les Schistes lustrés. Les micaschistes de la Flatschspitze sont représentés par la même lettre que ceux du socle des Tribulaun; mais il n'est point certain qu'ils soient du même âge. La nappe des Tribulauna sa racine sur la droite des coupes, à quelque 10 kilomètres au sud-est de Brennerbad.

fères, de la Flatschspitze. Ils s'écrasent, au nord-est de Brennerbad, entre Trias et Trias, et n'arrivent point jusqu'au fond de la vallée. *Les marbres de Brennerbad appartiennent à une bande ininterrompue, qui vient du Schlüsseljoch.* J'ai dit, dans mon Mémoire de 1904, que cette bande renferme, au Schlüsseljoch, non seulement des marbres, mais aussi des quartzites. J'ai dit aussi que la même bande, confinant directement au *mur* des Schistes lustrés, se poursuit, à travers le Pfitschertal, jusqu'à la Griesscharte¹.

A quelques centaines de mètres au sud de la plus méridionale des deux coupes ci-dessus, dans les hauts pâturages qui s'étendent entre le Santigjöchl et le Portjöchl, on voit apparaître, *sur les phyllades paléozoïques*, des lambeaux de calcaires et de marbres micacés triasiques. Cette observation est due à M. Frech², à qui

1. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 724 à 727, et fig. 2 et 3. L'opinion de M. Diener, touchant le Trias du Schlüsseljoch (C. DIENER. *Nomadisirende Schubmassen in den Ostalpen; Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, 1904, p. 168 et 169) ne tient pas un instant devant les faits. Il ne s'agit point « d'un lambeau (*Scholle*) en forme de coin étroitement limité, et qui pourrait, indifféremment, être attribué au Trias ou à une série plus ancienne ». Il s'agit, depuis la Griesscharte jusqu'à Brennerbad (*surplus de 18 kilomètres de longueur*), de la persistance de la même coupe, où l'on voit s'intercaler, entre les Schistes lustrés et les micaschistes grenatifères, un complexe de marbre, phylliteux ou non, et de quartzites. L'âge de ce complexe n'est point indifférent; et il importe, au contraire, au plus haut point, de le connaître.

Or, je ne crois pas que l'on puisse hésiter sur l'assimilation du complexe marbres-quartzites du Schlüsseljoch au complexe marbre-quartzites du Wolfendorn. D'autre part, je ne crois pas que l'on puisse voir, à quelques heures d'intervalle, les marbres du Schlüsseljoch et ceux de la Weissespitze, sans demeurer convaincu que les uns et les autres sont du même âge. Les marbres de la Weissespitze, qui sont un lambeau de la nappes Tribulaun, sont du Trias incontestable. Dès lors, ce sont tous les marbres de la *Schieferhülle*, c'est tout le *Hochstegenkalk*, qui deviennent triasiques. Et c'est bien ce qui me paraît démontré, autant du moins que l'on peut, sans fossiles, faire une démonstration relative à l'âge.

2. F. FRECH. *Loc. cit.*, p. 15 et 16, et fig. 7. Pour les Tribulaun elles-mêmes, je renvoie à la monographie de M. Frech, n'ayant aucune observation nouvelle à ajouter à celles du savant professeur de Breslau. Je rappellerai seulement que l'épaisseur de la lame triasique — cette même lame qui a 40 mètres d'épaisseur à Steinach, quelques mètres à Gries, et qui s'amincit localement jusqu'à zéro par le travers du Brennersattel — atteint, dans les Tribulaun, au moins 100, et peut être même 1200 mètres. La puissance totale du Trias, à l'ouest du lac d'Obernberg, est certainement supérieure à 1200 mètres; mais il y a là deux lames triasiques superposées, celle des Tribulaun et celle de la Santigspitze. C'est à la deuxième qu'appartiennent les marbres phylliteux (*Glimmerkalk*) de la Schwarze Wand, qui ont 300 mètres de puissance à eux seuls.

il n'a vraiment manqué, pour expliquer toute la tectonique de la région du Brenner, que de sortir un peu du massif des Tribulaun et d'étendre vers l'est le champ de ses explorations.

L'un de ces lambeaux, très petit, forme le sommet 2313 (Santigspitze). On observe là des marbres phylliteux, intercalés dans des schistes noirâtres, luisants et friables. Le tout repose sur les phyllades quartzeux du Paléozoïque.

Un autre lambeau, très grand et assez épais, va du point 2344 de l'arête au point 2160, sur une longueur totale de 1300 m. Il est formé de marbres finement rubanés, en plaquettes, sériciteux et chloriteux, quelquefois exempts de phyllites sur plusieurs décimètres d'épaisseur. La couleur, dans la cassure, est blanche; mais il y a une patine extérieure grise ou jaune. Ces marbres (*Glimmerkalk* de M. Frech) alternent avec des lits de schistes sériciteux et chloriteux, plus friables et moins quartzeux que les phyllades paléozoïques du substratum; et l'alternance de marbre et de schiste se répète un très grand nom-

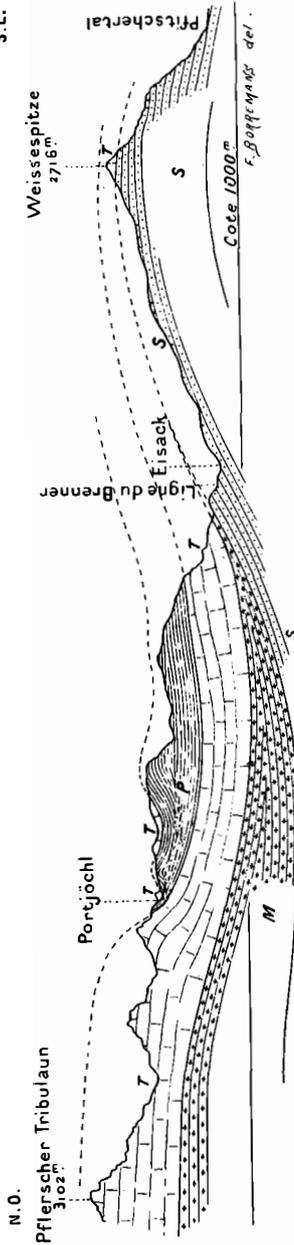


Fig. 5. — Coupe du Pflerscher Tribulaun à la Weissespitze. — Echelle: 1/100 000.

M, Micaschistes; *P*, phyllades paléozoïques (en partie houillers); *T*, marbres, dolomites, et marbres phylliteux du Trias; *S*, Schistes lustrés (*Kalkglimmerschiefer*). — Sur les phyllades *P*, on voit quelques lambeaux de Trias. Les micaschistes *M* commencent dans la vallée de l'Eisack, près de Schelleberg, exactement intercalés entre les Schistes lustrés et le Trias; sur la gauche, ils vont s'épaississant, forment tout le fond du Pflerschtal, et tout le massif des Stubaieralpen. La racine de la nappe des Tribulaun est sur la droite de la coupe, à 7 kilomètres environ au sud-est de la Weissespitze.

bre de fois. Les lits schisteux sont ondulés et même, fréquemment, plissés en zig-zags. Vers le point 2160 (collet oriental du Portjöch), l'épaisseur totale du lambeau triasique dépasse 50 mètres.

Le Portjöch, passage du Pflerschtal à l'Obernbergertal, se compose de deux collets séparés par une butte rocheuse. Cette butte est faite de phyllades paléozoïques. Le collet occidental montre un troisième lambeau, très petit, de marbres phylliteux du Trias, posé sur les phyllades.

A l'ouest du Portjöch, comme le dit M. Frech, la lame de Paléozoïque s'amincit très rapidement et se termine en coin aigu, entre le Trias de dessous (Tribulaun), et le Trias de dessus. Les derniers affleurements paléozoïques se tiennent un peu à l'est et en dessous du point 2342.

Un quatrième lambeau de Trias, peu étendu, apparaît au milieu des pâturages de la See Alpe, vers 1 900 ou 2 000 mètres d'altitude. Un cinquième enfin, très curieux, se trouve dans la butte conique au nord du Hohe Sattel de la carte. Cette butte est le Seealpenkogel des montagnards d'Obernberg. M. Frech la cite comme portant à son sommet un chapeau de Trias¹.

Il y a, en effet, au Seealpenkogel, un chapeau de Trias, formé de 20 mètres, environ, de marbres blancs, phylliteux et rubanés, sensiblement horizontaux. Mais *sur ces marbres*, tout au sommet de la butte, il y a une épaisseur de 10 mètres de phyllades noirâtres, sériciteux, peu homogènes, qui ne semblent pas appartenir au Trias, et qui ressemblent, au contraire, parfaitement, aux phyllades houillers. Je crois donc que le Seealpenkogel porte un témoin d'une nappe supérieure à la nappe des phyllades de Steinach.

La figure 5 montre la coexistence, dans la région du Portjöch, des deux lames triasiques, séparées par une lame de phyllades. Elle montre aussi que le Trias de la Weissespitze, dont j'ai longuement parlé l'année dernière², est l'équivalent tectonique du Trias des Tribulaun. Elle montre enfin *la naissance*, près de la vallée de l'Eisack, *de l'étage de micaschistes qui s'intercale entre les Schistes lustrés et le Trias des Tribulaun*. Cette dernière observation a une très grande importance ; et c'est parce qu'on ne l'avait pas faite encore que, voyant brusquement apparaître les micaschistes dans le Val de Pflersch, quelques géologues ont admis, bien à tort, l'existence d'une faille le long du défilé Sterzing-Brenner³.

1. F. FRECH. *Loc. cit.*, fig. 7, p. 17.

2. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 724 et 732.

3. Tel n'est cependant pas le cas de M. Frech, dont l'opinion à ce sujet est résumée dans une courte phrase : « Von einer der Brennerlinie in der Fortsetzung des Judicarienbruches folgenden Verwerfung ist keine Spur wahrzunehmen ». (F. FRECH. *Loc. cit.*, p. 20).

C'est aux environs immédiats de Gossensass que l'on peut observer la superposition des micaschistes grenatifères aux Schistes lustrés. Ces derniers, que nous avons vus très réduits à Brennerbad, se renflent rapidement entre Brennerbad et Gossensass. Ils constituent la masse entière de l'Amthorspitze, qui s'élève jusqu'à l'altitude de 2 800 mètres. Sur tout le versant occidental de cette large montagne, depuis Brennerbad jusqu'à Braunhof, les assises calciteuses et micacées (Kalkglimmerschiefer) plongent régulièrement vers le nord-ouest ou l'ouest. A l'est de la station de Schelleberg, dans le fond de la vallée de l'Eisack, on exploite des marbres gris-bleuâtre, micacés, semblables à ceux de Gries. Le village même de Gossensass est bâti sur des micaschistes durs, quartzeux, alternant avec des bancs de marbre bleuâtre très micacé. Plus on monte dans la série, et plus les assises quartzieuses dures l'emportent sur les lits de marbre. Toutes ces couches se débitent en grandes dalles, qui ressemblent, au premier abord, à des dalles de gneiss (route du Brenner, sous l'église de Gossensass). Les bancs plongent à l'ouest, très faiblement (moins de 20 degrés en moyenne). On les retrouve, avec les mêmes caractères, la même alternance de bancs quartzieux et de lits marmoréens bleuâtres, au sud de Gossensass, dans l'étroit défilé où passent l'Eisack, la route et le chemin de fer. Le tunnel où l'on a dérivé l'Eisack est creusé dans un banc de marbre micacé. Non loin de là, le vieux château de Strassberg est sur des calcschistes du type ordinaire. En face, les escarpements qui portent le hameau de Steckholz sont faits de schistes quartzieux, massifs et durs, où il n'y a plus que de rares lits calcaires.

Les micaschistes grenatifères commencent un peu au-dessus des deux hameaux de Giggelberg, vers la base de la forêt (Lerchwald), au nord de Gossensass. Ils diffèrent des micaschistes quartzieux de Gossensass par leur moindre dureté, leur fissilité beaucoup plus prononcée, la grande dimension de leurs lamelles de mica blanc (souvent très grandes), l'absence de la calcite, la fréquence des grenats. On les voit apparaître de la même façon au sud de Gossensass, sur Tennewies et Steckholz. A partir de Nasstal, dans le Val de Pflersch, ce sont les mêmes micaschistes grenatifères qui forment désormais le fond de la vallée et les pentes boisées des deux versants. Les Schistes lustrés sont désormais cachés ; et, pour les retrouver en marchant du côté de l'ouest, il faudrait traverser tout le haut massif des Stubaieralpen, et toute la partie nord du massif de l'Ötztal, et aller jusqu'au débouché du Kaunsertal dans l'Engadine, près de Prutz.

A Nasstal (2 kilomètres environ à l'amont de Gossensass sur la route de Pflersch), l'épaisseur des micaschistes grenatifères dépasse déjà 300 mètres. A Boden, le chef-lieu du Val de Pflersch, cette épaisseur est d'au moins 1 200 mètres. Au nord du Val, les micaschistes supportent le Trias des Tribulaun ; au sud, ils supportent, de même, le Trias des Telfer Weissen. Le Trias des Tribulaun s'avance, vers l'ouest, jusqu'à la Weisswandspitze ; celui des Telfer Weissen ne va pas plus loin que la Taffring Alpe. Au delà, il n'y a plus que micaschistes et gneiss, presque horizontaux, ou très faiblement inclinés vers l'est, jusqu'aux sommets glacés de la Sonklarspitze. L'érosion a fait disparaître la couverture triasique.

Dans le Flanerwald, au sud-ouest de Gossensass, on peut suivre, grâce aux nouveaux chemins forestiers, l'affleurement de la lame de Trias des Telfer Weissen, graduellement amincie et graduellement abaissée quand on va de l'ouest vers l'est. Cette lame, qui n'est autre que la lame des Tribulaun (elle n'en est séparée que par la vallée de Pflersch), est formée surtout de marbres blancs, zonés, translucides, *et, accessoirement, de quartzites blancs*. Elle descend peu à peu, vers l'est, jusqu'à l'Eisack, qu'elle atteint en face de Ried. Entre elle et les Schistes lustrés, les micaschistes grenatifères finissent en coin, près de Steckholz. En face d'Unter-Ried, sur la route même du Brenner (rive droite de l'Eisack), entre les bornes 50^k 3 et 50^k 6, *on exploite, dans deux carrières, les quartzites triasiques*, épais de 30 à 40 mètres, et plongeant de 10 degrés à l'ouest. Ce sont des quartzites blancs, en plaquettes, un peu micacés sur la surface des plaquettes, sillonnés par de grosses veines de quartz blanc. Au-dessus des carrières, ces quartzites s'enfoncent sous des micaschistes (micaschistes du Rosskopf). *Sous les quartzites*, vers la borne 50^k 6, on voit affleurer les marbres translucides, du type Tribulaun. Les mêmes marbres s'observent beaucoup mieux sur l'autre rive de l'Eisack, entre Unter-Ried et Lurx, où ils ont été exploités pour la fabrication de la chaux. On les voit même, en un point, à l'est du chemin de fer. Au sud de ce point, ils s'enfoncent immédiatement sous les micaschistes. Les quartzites s'écrasent, de ce côté, entre micaschistes et marbres. Au sud du point 997, les grandes tranchées du chemin de fer sont creusées dans les micaschistes : les bancs plongent à l'ouest, faiblement.

Je donne ici (fig. 6), une coupe par Unter-Ried, montrant l'affleurement, dans la vallée de l'Eisack, de la lame des Tribulaun. Cette observation, que je crois nouvelle, est d'importance capitale. J'appelle l'attention du lecteur sur la persistance de l'allure générale dans toutes les coupes précédentes et dans celle-ci. Ce qui est

particulier dans celle-ci, c'est le remplacement, au-dessus de la lame triasique des Tribulaun, des phyllades paléozoïques de Steinach par les micaschistes grenatifères du Rosskopf. Sur la droite de la coupe, au-delà du Pfitschertal, les Schistes lustrés se redressent très vite, et même se renversent. Entre eux et les *vieux gneiss*, dans un contact, presque vertical, mais cependant un peu renversé (plongeant au nord-ouest), s'intercale une *très mince lame de Trias*, racine de la lame des Tribulaun.

Nous voici arrivés aux portes de Sterzing. Les pentes boisées qui dominent la ville à l'ouest sont formées de micaschistes fréquemment grenatifères, à grandes lamelles de mica blanc et à lamelles plus rares de mica noir. D'autre part, les assises qui affleurent à l'est de la station du chemin de fer appartiennent indubitablement aux Schistes lustrés. Ce sont des schistes sériciteux satinés, relativement tendres, plongeant de 20 degrés vers le nord-ouest, qui alternent, un peu plus haut, au-dessus de Flains, avec des bancs de marbre gris-bleuâtre. La lame triasique des Tribulaun doit donc passer entre ces Schistes lustrés de la gare de Sterzing et les micaschistes grenatifères, lesquels affleurent à Thuins, à Tschöfs, et constituent toute la butte 1270 au nord de Schmuders.

Les affleurements de cette lame triasique sont, malheureusement, en grande partie cachés par le Glaciaire, les alluvions de l'Eisack.

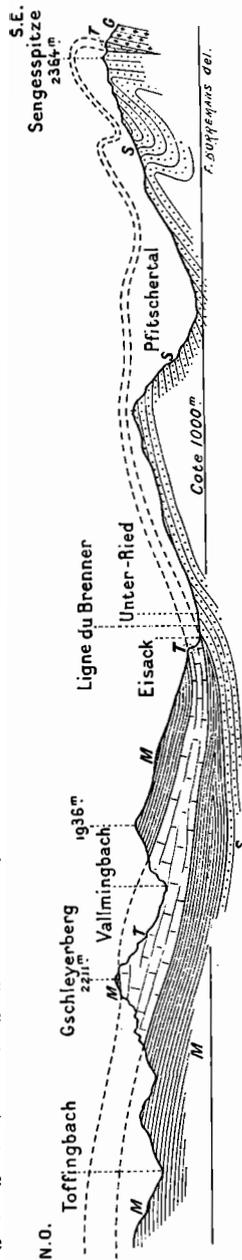


Fig. 6. — Coupe du Bodnerberg à la Sengesspitze par le Gschleyenberg et Unter-Ried. — Echelle : 1/100 000. G, Vieux gneiss; M, Micaschistes grenatifères; T, marbres et quartzites du Trias; S, Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer). — On voit, sur la droite, la racine de la nappe des Tribulaun. La voûte que forment les Schistes lustrés est le prolongement même de la voûte des Hohe Tauern.

ou les maisons de Sterzing. *Mais ils apparaissent très nets au sud-est de Thuins*, près du point 943 de la carte, sur le vieux chemin de Sterzing à Gasteig, non loin de l'endroit où ce vieux chemin rejoint, dans la plaine, la route actuelle. Sur 30 mètres environ de longueur, le chemin en question entaille la lame triasique, formée de marbres blancs du type Tribulaun. Au-dessus, viennent les micaschistes grenatifères. Sous les marbres triasiques, affleurent les Schistes lustrés : calcschistes micacés, avec gros bancs de micaschistes quartzeux, le tout offrant le faciès des tranchées de la gare de Sterzing. Ces Schistes lustrés forment, tout à côté, une petite butte ronde (point 972 de la carte). Ils plongent, comme les marbres triasiques, au nord-ouest, sous un angle un peu variable, relativement fort (20 à 30 degrés).

Quand on monte de la gare de Sterzing à Schmuaders, par le hameau de Flains, on chemine constamment dans les Schistes lustrés¹. Au dessus de Flains, le chemin muletier se tient très près de la limite des Schistes lustrés et des micaschistes, mais un peu plus bas. Le contact même, dans la forêt, est partout caché par le Glaciaire, et je n'ai pas pu y découvrir le passage des affleurements de la lame triasique. Tout le hameau de Schmuaders est bâti sur les Schistes lustrés, sauf peut-être les maisons les plus hautes, celles qui forment un groupe au dessus du chemin. Les maisons les plus basses, près de l'église, sont bâties sur des marbres micacés gris-bleuâtre, du faciès de Gries et de Gossensass.

La lame triasique affleure de nouveau à 400 mètres environ au nord de l'église de Schmuaders, tout à côté du chemin muletier de Braunhof, à la lisière occidentale de la forêt. Le chemin de Braunhof traverse en cet endroit un gros affleurement de serpentine, qui appartient encore au complexe des Schistes lustrés. Immédiatement au nord de cet affleurement de serpentine, on trouve, dans la forêt, une excavation où l'on a exploité des marbres blancs, un peu phylliteux, du type Tribulaun. Un peu plus loin, toujours dans la forêt, il y a d'autres fouilles, d'où l'on a tiré des *quartzites blancs*, cassés, et parfois pulvérulents, identiques à ceux que j'ai signalés dans le

1. Ce qui domine ici, ce sont des schistes satinés, assez tendres, dépourvus de mica noir, sillonnés de veines rouillées. Au microscope, c'est un feutrage de séricite, avec plus ou moins de quartz. L'aspect est tout autre que celui des micaschistes du Rosskopf, de Tschöfs et de Thuins. Les bancs calciteux sont rares, sans cependant manquer totalement. M. Becke a appelé mon attention, en 1903, sur la rareté des bancs calciteux dans la partie haute des *Kalkglimmerschiefer* de la Weissespitze. C'est le même fait qu'à Gossensass, avec cette différence que les schistes de Gossensass sont plus quartzeux et plus durs.

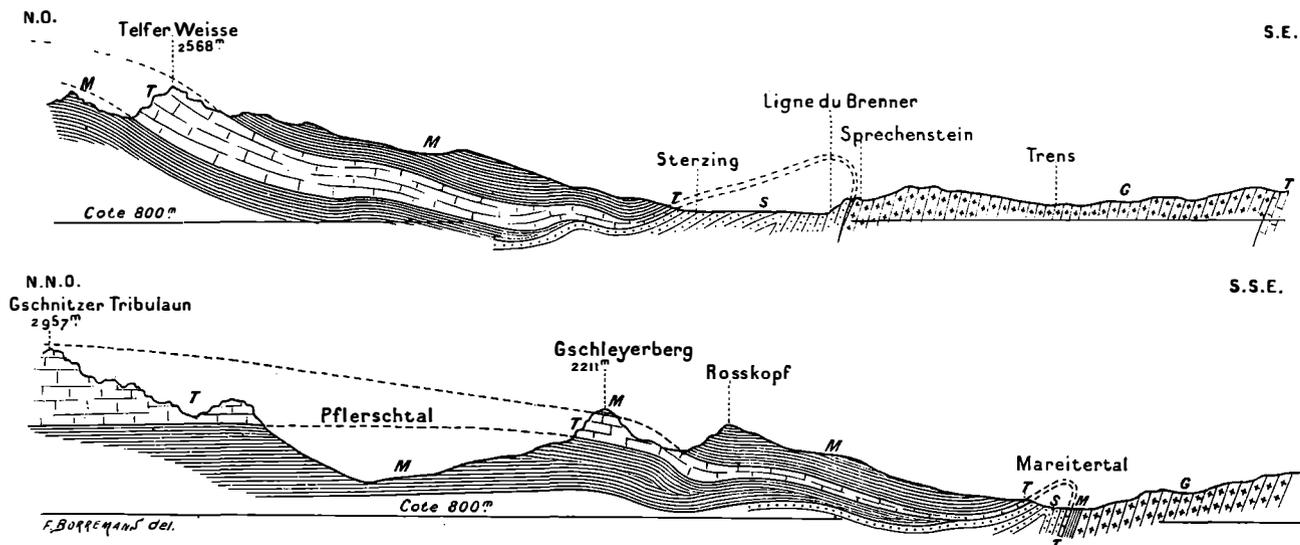


Fig 7. — Deux coupes à travers l'extrémité occidentale des Hohe Tauern et la plaine de Sterzing. — Echelle : 1/100 000. G, vieux gneiss ; M, Micaschistes grenatifères du Rosskopf et du val de Pflersch ; T, marbres et quartzites du Trias ; S, Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer). — On voit, sur la droite, l'enracinement du pli couché des Tribulaun et des Telfer Weissen. La voûte, de plus en plus rétrécie, et de plus en plus *ennoyée*, que forment les Schistes lustrés, est le prolongement même de la voûte des Hohe Tauern. Le synclinal de Trias qui apparaît, à l'est de Trens, sur la droite de l'une des coupes, est celui qui affleure, près de Mauls, dans la vallée de l'Eisack.

Flanerwald, et à ceux que l'on exploite en face d'Unter-Ried. Ce passage du Trias se suit assez loin dans la forêt, jusqu'à la naissance d'un vallon qui descend, au nord-ouest, vers Lurx.

A partir de là, et jusqu'à l'affleurement de marbre triasique que j'ai signalé, non loin de Lurx, à l'est de la voie ferrée, la lame est, de nouveau, cachée par le Glaciaire.

Au sud de Sterzing, les Schistes lustrés ne dépassent pas le Mareiterbach. Au delà de cette rivière, on ne voit plus que *vieux gneiss*, très redressés, plongeant vers le nord. Et ce sont ces mêmes gneiss qui portent, à l'est de l'Eisack, le château de Sprechenstein. Tout à côté de ce château, et au nord, *la lame triasique reparait*. Et je suis un peu surpris qu'on n'ait jamais, en décrivant Sprechenstein, parlé de cet affleurement de Trias, si facilement observable dans le chemin creux qui accède au château par le nord, chemin où passent tous les touristes de Sterzing.

Voici quelques indications sur cette localité de Sprechenstein, qui mérite de devenir classique.

J'ai déjà rappelé que le vieux château (point 1073 de la carte) est bâti sur les *vieux gneiss*¹. Ces gneiss forment un escarpement au dessus de la route, et, dans une carrière ouverte au pied de cet escarpement, on peut voir qu'ils sont sillonnés de veines d'aplite. Sous le château, l'aplite est rare, et les gneiss sont très micacés, avec de grandes lamelles de mica blanc, et relativement tendres. Ils sont presque verticaux, ou plongent de 70 à 80 degrés vers le nord. Le petit col à l'est du château est encore en gneiss, mais le contact avec le Trias est tout près, et il suffit, pour l'observer, de descendre vers le nord, par le chemin creux qui part du col.

Dans cette descente, on traverse d'abord 20 ou 25 mètres de micaschistes mous, à grands cristaux de mica blanc, qui rappellent beaucoup les types du Rosskopf et du Ridnauntal. Je reviendrai plus loin sur cette assimilation. *Puis vient le Trias, presque vertical, et épais de 7 ou 8 mètres seulement* : il est formé de marbres blancs, zonés, translucides, du type Tribulaun, de marbres phylliteux à zones phylliteuses assez épaisses (Glimmerkalk de M. Frech),

1. F. BECKE. Exkursion durch das Westende der Hohen Tauern; *Livret-guide des excursions en Autriche du 9^e Congrès géolog. internat.*, 1903, excursion VIII, p. 40. Voici comment M. Becke résume la constitution géologique de la butte de Sprechenstein. « Der hervorragende Fels bezeichnet die « Grenze zwischen den Tauerngesteinen. und den südlich angrenzenden « allkrystallinischen Schiefer. Der Nordabhäng des Burghügels besteht aus « Kalkglimmerschiefer, dem weiterhin ein Serpentinlager eingeschaltet ist. » Cela dit tout, sauf la présence, dans la limite (Grenze) en question, d'une lame de Trias.

enfin de schistes noirs, satinés, très mous. *La lame se poursuit, à l'est, dans les pentes qui dominent le Pfitschertal.* Au nord de la lame de Trias apparaissent les Schistes lustrés, ici très typiques (calcschistes micacés, ou Kalkglimmerschiefer), très redressés aussi, ou même verticaux ; quand ils plongent, c'est vers le nord, et de 80 degrés. *Dans ces Schistes lustrés est intercalée la serpentine massive* que tous les auteurs ont signalée. Sur la gauche du chemin, c'est-à-dire dans le versant nord de la butte du château, cet amas de serpentine a près de 100 mètres d'épaisseur. Mais sur la droite, c'est-à-dire vers l'est, sa puissance diminue rapidement ; et en suivant le bas de la montagne, on a bientôt fait de le traverser et de rentrer dans les calcschistes.

Ainsi, la lame triasique que nous avons suivie de Steinach aux Tribulaun, que, seul, le Val de Pflersch interrompt entre les Tribulaun et les Telfer Weissen, que nous avons suivie encore des Telfer Weissen à Lurx, par le Flanerwald, que nous avons vue reparaître entre Lurx et Schmuders, puis non loin de Thuins, sur la rive gauche du Mareiterbach, cette lame triasique, dis-je, affleure encore à Sprechenstein, sur le bord sud de la voûte des Hohe Tauern. *On la trouvera, cette lame, tout autour des Hohe Tauern*, sauf de très rares interruptions, et toujours au contact des Schistes lustrés et du Paléozoïque (phyllades ou vieux gneiss). C'est ce que j'ai annoncé l'année dernière ¹.

Je réunis dans la figure 7 deux coupes qui traversent la plaine de Sterzing, et qui montrent comment se cache, sous cette plaine, la grande voûte des Schistes lustrés. La coupe par le Gschleyerberg et le Gschnitzer Tribulaun est à comparer avec un « profil schématique » donné par M. Frech ². Cet auteur fait deux lames distinctes (ou deux plis distincts) de la lame triasique des Tribulaun et de la lame triasique des Telfer Weissen ; et il fait passer cette dernière par dessus les micaschistes du Roskopf. Je crois qu'il y a là une erreur d'interprétation. Le Trias des Telfer Weissen appartient à la même lame, ou au même pli, que celui des Tribulaun ; et *il passe indubitablement sous le Roskopf* pour reparaître, à Lurx et à Thuins, au pied du versant oriental de cette montagne.

Le Roskopf, entre Sterzing et les Telfer Weissen, est entièrement formé de micaschistes à mica noir et à mica blanc, très souvent grenatifères. Sur l'arête, et surtout dans la Vallming Alpe, on observe aussi, alternant avec ces micaschistes, des lits d'amphibolites, de rares bancs de gneiss, des micaschistes à ankérite.

1. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 731-735.

2. F. FRECH. *Loc. cit.*, p. 17, fig. 7.

M. Becke ¹ a fait très justement ressortir l'analogie de faciès de ces diverses roches et des roches de la *Greiner Scholle*. A l'ouest du point 2289, on voit nettement les marbres du Trias s'enfoncer sous les micaschistes ; ceux-ci s'avancent même, sous forme de languettes recouvrantes, ou de chapeaux isolés, sur l'arête calcaire (à l'ouest du point 2355, et aux sommets appelés Gschleyerwand et Gschleyerberg ²).

L'épaisseur du Trias, dans les Telfer Weissen, atteint 400 mètres. Il ne renferme guère que des marbres blancs, zonés, translucides, identiques à ceux des Tribulaun. Les marbres phylliteux sont fréquents, mais peu épais. J'ai dit que l'on trouve des quartzites dans le Flanerwald ; mais je n'en ai pas observé à l'ouest du Vallmingbach. Le Trias est exactement concordant avec les micaschistes du Rosskopf, sous lesquels il s'enfonce.

Il est, de même, parfaitement concordant avec les micaschistes du Val de Pflersch, sur lesquels il repose. Et ces micaschistes ne diffèrent en rien, pétrographiquement, de ceux du Rosskopf. Au sud des Telfer Weissen, la lame triasique, brusquement, se serre jusqu'à zéro, et l'on voit, sous le point 2289, les micaschistes qui constituent le *mur* de cette lame, et ceux qui en constituent le *toit*, venir au contact les uns des autres.

Les Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer), que nous avons suivis, pas à pas, depuis le vallon de Navis, et qui jouent un si grand rôle dans la constitution des Hohe Tauern, ne dépassent pas, vers l'ouest, le point où le vieux chemin de Sterzing à Gasteig rejoint la nouvelle route. Ce point est situé un peu au sud-est du village de Thuins. A l'amont de cet affleurement, dans le Ridnauntal, il n'y a plus que micaschistes et gneiss grenatifères, plus ou moins analogues à ceux du Rosskopf. *Les Schistes lustrés sont cachés sous ces micaschistes*, et, comme je l'ai dit déjà en parlant du Val de Pflersch, pour les retrouver du côté de l'ouest, il faudrait traverser 60 kilomètres de pays montagneux, et atteindre, à Prutz, la Basse-Engadine.

En décrivant la coupe du versant nord de la butte de Sprechensstein, j'ai signalé la présence, entre les *vieux gneiss* et le Trias, d'une lame de micaschistes mous à grands cristaux de mica blanc, épaisse de 20 à 25 mètres, et dont les assises rappellent beaucoup, par leur aspect, les micaschistes du Rosskopf. Il est probable que cette lame se relie sans discontinuité, par dessous la plaine, aux

1. F. BECKE. *Anzeiger der Akad. d. Wissensch. Wien* ; 1899, p. 8.

2. F. FRECH. *Loc. cit.*, p. 14, fig. 6. A l'exemple de M. Frech, j'écris Gschleyerberg, et non pas Schleyerberg comme on lit sur la Carte.

assises du Rosskopf, et qu'elle n'est, de la sorte, que le prolongement, écrasé, d'un paquet de micaschistes qui, dans le Rosskopf, n'a pas moins de 400 ou 500 mètres d'épaisseur. Les alluvions cachent, malheureusement, cette liaison, comme elles cachent la liaison — certaine cependant — du Trias qui affleure sous Thuins et du Trias de Sprechenstein, et comme elles cachent, entre Sprechenstein et la route de Gasteig, le bord des Schistes lustrés.

A l'amont de Mareit, dans le haut Ridnauntal, les micaschistes deviennent de plus en plus riches en grenats. Ils alternent avec des lits de gneiss, également grenatifères, et avec des amphibolites analogues à celles du Zillertal (Garbenamphibolit de M. Becke). La ressemblance avec les roches de la Greiner Scholle devient de plus en plus frappante. C'est près du bord méridional de cette masse de micaschistes que s'intercalent les marbres du Val de Ratschings. Je reviendrai à ces marbres, quand je traiterai de la continuité des phénomènes tectoniques entre les Hohe Tauern et l'Ortler.

Il est temps de clore ce premier chapitre, et de conclure, brièvement, quant à la structure de la région du Brenner.

Les neuf coupes que le lecteur a sous les yeux, et qui s'échelonnent de Steinach à Sterzing, montrent que cette structure est relativement simple, et qu'il n'y a, dans le défilé du Brenner, aucun accident¹, aucune ligne de fracture.

Le fait capital, jusqu'ici inaperçu, c'est la présence constante, au toit des Schistes lustrés, entre ces Schistes lustrés et les phyllades paléozoïques, ou les micaschistes, ou les vieux gneiss, la présence constante, dis-je, d'une lame de Trias. J'ai suivi cette lame depuis le vallon de Navis jusqu'à Sprechenstein. *Je ne doute pas qu'elle ne fasse tout le tour des Hohe Tauern.* C'est, d'ailleurs, ce que j'ai prédit dès l'année 1903.

Au nord de Gossensass, cette lame se renfle et comprend le Trias des Tribulaun. A l'ouest de Gossensass, elle comprend le Trias des Telfer Weissen. Dans cette région de Gossensass, la lame en question ne repose pas immédiatement sur les Schistes lustrés ; entre

1. M. C. Diener (*Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebietes*, 1903, p. 103 à 107, et fig. 9 de la p. 107) donne de la région du Brenner, d'après les travaux de Pichler et de MM. Frech, F.-E. Suess et Rothpletz, une description assez confuse. D'après ce que j'avais cru comprendre en lisant cette description, je m'étais figuré, en 1903 — n'ayant d'ailleurs pas vu le pays —, que le défilé du Brenner, entre Gossensass et Matrei, correspondait à un brusque relèvement du système des nappes, et que le Trias des Tribulaun appartenait aux nappes profondes de la Schieferhülle, et plongeait au sud sous les Schistes lustrés (P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 738). Tout est bien plus simple que je n'avais cru ; et l'allure des nappes superposées est seulement *onduleuse*.

elle et les Schistes lustrés, s'intercale un paquet de micaschistes.

Le pli couché des Tribulaun, décrit par M. Frech, repose sur les Schistes lustrés. Il a donc — puisque les Schistes lustrés forment l'étoffe extérieure de la *Schieferhülle* des Hohe Tauern — couvert tout le massif des Hohe Tauern. Le lambeau triasique de la Weissespitze est un témoin de ce même pli couché.

Ce pli couché des Tribulaun est par conséquent une nappe, jadis courbée en voûte au dessus des Hohe Tauern, onduleuse au nord du défilé du Brenner. La racine de cette nappe est au sud de l'axe des Hohe Tauern, dans la zone qui va de Sprechenstein à Windisch-Matrei.

Les phyllades paléozoïques de Steinach ; les lambeaux triasiques signalés par M. Frech, sur ces phyllades, près du Portjöchel ; le Trias du Blaseberg, du Mieslkopf, des Tarntaler Köpfe, appartiennent à une nappe supérieure, d'origine plus lointaine.

La structure *en paquet de nappes* de la région du Brenner est donc *indubitable*. Chacun de son côté, MM. Frech et F.-E. Suess ont pressenti cette structure, sans la démêler clairement.

La démonstration de cette structure resterait faite, alors même que les Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer) des Hohe Tauern seraient paléozoïques — ce que je ne crois point. Elle resterait faite, alors même que toute la *Schieferhülle* serait une série sédimentaire continue, d'âge paléozoïque, au lieu d'être, comme je le crois, une série complexe, à lames de Trias. En d'autres termes, cette démonstration est indépendante, et de l'âge des Schistes lustrés, et de l'âge du Hochstegenkalk.

Comme l'âge triasique des marbres des Tribulaun n'est pas contestable, et comme on ne peut pas non plus douter de l'âge paléozoïque des phyllades de Steinach, la démonstration est inattaquable. Pour voir que le Brenner est *un pays de nappes*, il suffit maintenant d'ouvrir les yeux.

II

STRUCTURE DE LA RÉGION DE L'ORTLER

La région de l'Ortler, c'est le pays de hautes montagnes qui va, dans le sens ouest-est, de Bormio à Meran, et, dans le sens sud-nord, du Passo Tonale à l'Adige. La route du Stelvio, entre Bormio et Prad, longe le bord nord de ce pays. La distance de Bormio à Meran, à vol d'oiseau, est d'environ 65 kilomètres ; et il y a 42 kilomètres, approximativement, de l'Adige au Passo Tonale.

Le massif de l'Ortler comprend les plus hauts sommets de l'Autriche : l'Ortler (3 902 m), la Kœnigspitze (3 861 m), le Zebrù (3 785 m), le Cevedale (3 774 m); et une foule de cimes qui dépassent 3 000 mètres. Les champs de glace sont très étendus, et, du Stelvio à la Punta di San Matteo, en suivant la frontière austro-italienne, on peut fouler constamment la glace ou la neige sur un parcours d'au moins 30 kilomètres¹.

Géologiquement parlant, cette région est l'une des moins connues des Alpes². Les seuls travaux récents sont ceux de M. W. Hammer³; mais ce géologue, qui nous a donné une description complète et précise des montagnes de l'Ultental, n'a publié, sur le massif même de l'Ortler, qu'une courte Note, limitée aux environs immédiats de Bormio, et où il n'est pas question de tectonique générale. Antérieurement à ces travaux de M. Hammer, on n'avait, pour se renseigner sur la géologie du pays, que la carte de Theobald⁴ (qui ne dépasse guère la frontière suisse) et le Mémoire annexé à cette carte; une brochure de Theobald et Weilenmann⁵ sur les Bains de Bormio; une série de Notes de M. Stache, et un Mémoire de MM. Stache et John⁶, Mémoire et Notes; beaucoup plus pétro-

1. Carte de l'Etat-Major autrichien à l'échelle de 1/75 000, feuilles suivantes: zone 19, colonne III, Glurns und Ortler; zone 19, colonne IV, Meran. Carte de l'Etat-Major italien à l'échelle de 1/75 000, feuilles suivantes: Bormio, Monte-Cevedale, Tirano, Monte-Adamello.

2. « Ueber die Struktur des aus Triaskalken, wohl vorwiegend aus geschichteten Hauptdolomit, zusammengesetzten Westabschnittes der Ortler-Gruppe, sind wir nur sehr ungenügend unterrichtet. » C. DIENER, *loc. cit.*, p. 97.

3. W. HAMMER. Die krystallinen Bildungen im Bereiche des Blattes Cles. *Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt*, 1902, p. 127. — Mitteilungen über Studien in der Val Furva und Val Zebru bei Bormio. *Ibidem*, 1902, p. 320-330. — Die krystallinen Alpen des Ultentales, *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt*; t. LII, 1902, p. 105-134; et t. LIV, 1904, p. 541-576.

4. Carte géologique de la Suisse à l'échelle de 1/100 000; feuilles XV et XX. Voir aussi G. THEOBALD: Geologische Beschreibung von Graubünden; *Beiträge zur geol. Karte der Schweiz*, III Lief., Coire, 1866, p. 332.

5. G. THEOBALD et W. WEILENMANN. Die Bäder von Bormio.

6. G. STACHE. *Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1873, p. 222; *ibid.*, 1876, p. 314-318, 346, 357; *ibid.*, 1878, p. 174; *ibid.*, 1879, p. 66-70, 300; *ibid.*, 1880, p. 127-131, 249-251.

G. STACHE et C. JOHN. Geolog. und petrograph. Beiträge zur Kenntniss der älteren Eruptiv- und Massengesteine der Mittel und Ost Alpen. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1877, Bd. XXVIII, p. 143-242; et *ibid.*, 1879, Bd. XXIX, p. 317-404.

MM. Stache et John ne se sont pas occupés des problèmes de structure. C'est à peine si, de loin en loin, on trouve, dans ces Notes et ce Mémoire, quelques indications sur l'allure des strates cristallines. La Note de 1880 est la seule qui renferme des renseignements un peu précis sur la direction et la plongée des gneiss.

graphiques que stratigraphiques ; une Note, enfin, de Gumbel¹, relative à la géologie du Stelvio.

Les terrains qui forment le massif de l'Ortler sont les suivants.

1° En premier lieu, il y a du *Trias incontestable*, généralement à l'état de calcaires de couleur claire, ayant l'aspect des calcaires triasiques du Briançonnais, ou des calcaires triasiques de la Gschösswand près Mairhofen. Ce Trias de l'Ortler n'est pas, ou presque pas, métamorphique : en tout cas, il l'est beaucoup moins que le Trias des Tribulaun. A ces calcaires, qui sont la *Hauptdolomit* de Theobald, s'associent parfois des cargneules, des gypses, des marbres phylliteux, des schistes satinés, *et enfin des quartzites*. La carte de Theobald indique l'existence de couches liasiques (Allgäu Schiefer), intercalées dans le Trias, au confluent de l'Adda et du Braulio (route du Stelvio), et cette attribution est probablement exacte, car le Lias fossilifère est connu à peu de distance au nord-ouest ; mais le Lias ne joue certainement qu'un rôle très accessoire dans la constitution des montagnes de l'Ortler, et je n'en parlerai pas davantage.

2° En second lieu, il y a du *Verrucano*, c'est-à-dire des quartzites, des conglomérats et des schistes quartzeux, souvent versicolores, intimement liés à la base du Trias, et qui sont très probablement d'âge permien. Ce terrain est peu développé dans le massif de l'Ortler, mais il prend beaucoup d'importance dans l'Engadine ; il se sépare mal des quartzites du Trias, quand le Trias renferme des quartzites.

3° En troisième lieu, il y a des *phyllades quartzeux* (*Casannaschiefer* de Theobald, *Quarzphyllite* de M. Stache), essentiellement formés de quartz et de fine séricite, avec plus ou moins d'ilménite. Les bancs sont, d'une façon générale, assez tendres ; beaucoup sont tout à fait mous et friables. La couleur habituelle est le gris clair, mais il y a de nombreux lits de schistes noirâtres, d'autres de schistes verts à chlorite, d'autres de schistes très blancs. Les schistes sont très souvent plissotés et gaufrés. Au Stelvio, les schistes noirâtres alternent avec des quartzites blancs. Dans la vallée de l'Adige (Vintschgau), les phyllades quartzeux prennent un énorme développement et constituent, jusqu'à une grande altitude, les montagnes qui dominent la rive gauche du fleuve, depuis le col de Reschen jusqu'au delà de Schlanders ; et il n'est pas douteux que ces phyllades quartzeux du Vintschgau ne passent aux *Casannaschiefer*

1. C. W. v. GÜMBEL. Geologische Bemerkungen über die Thermen von Bormio und das Ortlergebirge. *Sitzungsber. der kgl. bayrischen Akad. d. Wiss.*, 1891, Bd. XXI, Heft 1, p. 79.

de Theobald, bien qu'ils soient, en moyenne, un peu plus quartzeux et un peu moins friables. Au sud de Bormio (Monte Sobretta), les *phyllades* contiennent un gros banc de marbre veiné, blanc et gris, un peu phylliteux, à cassure lamelleuse. Au Stelvio, et aussi dans le Vintschgau (par exemple au-dessus d'Eyrs), des bancs de *gneiss porphyroïde*¹ (*Augengneis*) s'intercalent dans les *phyllades* ; ces *gneiss* ont un faciès très spécial, dû à la quasi-absence du mica noir, et à la rareté relative du mica blanc ; ce sont des roches très blanches, et que l'on pourrait appeler *des quartzites sériciteux à gros noyaux de feldspath alcalin*. Les noyaux feldspathiques atteignent parfois cinq centimètres de longueur (carrières à l'amont de Trafoi). En somme, les caractères de ce terrain cristallophyllien sont la quasi-absence du mica noir, la dimension microscopique des cristaux de mica blanc, la fréquence des bancs de schistes noirâtres, la richesse en quartz, la rareté relative du feldspath, et, là où le feldspath (toujours alcalin) intervient, la disposition en *Augengneis*. L'âge n'est pas connu : il est probable que ce complexe correspond à divers termes du Paléozoïque, et qu'une partie, tout au moins, est carbonifère (par analogie avec les *phyllades* de Steinach) ; en tout cas l'antériorité au Permien supérieur (Verrucano) n'est pas douteuse.

Partout où l'on voit le contact des *phyllades* et du Verrucano, ou des *phyllades* et du Trias, il y a exacte concordance. Les discordances signalées par M. Hammer² dans le Val Zebrù sont des apparences de discordance, dues à l'inégale plasticité des *phyllades* et du Trias ; et je ne voudrais sans doute pas affirmer qu'il n'y ait pas eu, à l'origine, une certaine discordance entre le Permien et les terrains plus anciens, mais je dis qu'actuellement, et dans cette région plissée, la discordance est devenue insensible.

4° En quatrième lieu, il y a de *vieux gneiss* (*Gneisphyllite* de M. Stache), c'est-à-dire un terrain cristallophyllien qui, dans l'en-

1. M. Hammer (*Loc. cit. Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1902, p. 322), signale, de même, l'existence, au sommet de la formation, près de Bormio, de *phyllades feldspathiques* à grands cristaux d'oligoclase, et de *phyllades quartzeux* passant à des *gneiss rubanés riches en quartz*. Le même auteur signale encore, dans cette même partie haute de la formation phylladique, entre Val Uzza et Val Campello, l'intercalation de *schistes verts*, à hornblende, chlorite, épidote, zoïsite, paragonite, calcite et quartz, déjà décrits par Gumbel.

2. W. HAMMER. *Loc. cit. Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt*, 1902, p. 322 et 323. Les *quarzitische Schiefer* de M. Hammer sont du Verrucano ; et le Trias commence immédiatement au-dessus, englobant les marbres phylliteux (*Kalkphyllite*), la cargneule (*Rauchwacke*) et les schistes satinés (*sericitische Schiefer*).

semble, se distingue assez bien du précédent par une plus large cristallinité, par l'abondance, ou tout au moins la fréquence du mica noir, par la fréquence du grenat et de la staurotide, par le développement, souvent très grand, des cristaux de mica blanc, par l'abondance du feldspath, par ce fait aussi que le feldspath n'est plus *nécessairement et exclusivement* un feldspath alcalin. Il y a, naturellement, alternance des gneiss et des micaschistes. La dureté est plus grande que dans les phyllades ; et les montagnes de *vieux gneiss* ont un caractère bien autrement âpre que les montagnes de *Casannaschiefer*. Les veines et les amas de pegmatite et d'aplite y sont très nombreux ; et l'on trouve, notamment, de très gros amas de pegmatite blanche ¹ à grandes lamelles de muscovite. Il y a aussi des amas de granite. Les bancs d'amphibolite ne sont jamais très rares ; et parfois ils abondent ². Ces *vieux gneiss* forment, dans le haut Val Camonica, une large bande qui mesure environ 12 kilomètres par le travers de Ponte-di-Legno. Quand on franchit le Passo Tonale, et que l'on marche au nord-est, par les montagnes au nord de la Noce, le col de Rabbi, et l'Ultental, on suit constamment la même bande. Elle traverse l'Adige entre Naturns et Meran. On la suit encore, par St-Leonhard, le Weisshorn et le Zinseler, jusqu'à la vallée de l'Eisack : *et il n'y a aucun doute sur la continuité des vieux gneiss de Sprechenstein (près de Sterzing), et des vieux gneiss du Val Camonica*. Près de Ponte-di-Legno et du Passo Tonale, ces mêmes gneiss renferment ³ des

1. Tel est le *Martellgranit* de M. Ed. Suess (*Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt*, 1865, p. 287). C'est une pegmatite tourmalinifère qui affleure dans le Martelltal, entre Gand et les chalets supérieurs. Telle est encore la belle pegmatite de la Cima Monticelli, à l'ouest et près des sources de l'Oglio Fridolfo. M. Stache (*loc. cit.*, 1876, p. 315) signale un autre amas de pegmatite dans la chaîne de la Cima di Tremoncelli, à l'est et au sud-est de Bolladore ; d'autres encore dans le massif de la Remspitze et du Hochalt, entre le Matschertal et le Schlanderaunertal. La pegmatite apparaît, dans ces divers gisements, sous forme d'amas, de lits interstratifiés et d'apophyses. Le sommet de la Tschigotspitze, au nord-ouest de Meran, est formé d'un granite à grands cristaux d'orthose, *profondément différent* de la tonalite de l'Ilfinger, et qui est un amas dans les *vieux gneiss*. Le granite et la syénite du Val-di-Sotto, entre Bolladore et Ceppina, semblent, de même, intimement liés aux *vieux gneiss* : eux aussi diffèrent profondément de la tonalite. Enfin, M. Hammer, dans sa monographie des Alpes cristallines de l'Ultental (*loc. cit. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, t. LIV, 1904) décrit plusieurs amas de granite intercalés dans les gneiss, amas dont le plus important est celui du Kuppelwiesertal (*Granitit et Amphibolgranit*).

2. Environs de Ponte-di-Legno, près de Santa-Apollonia, et sur la route du Passo Tonale.

3. Massif de Mattaceul, au nord de Vione ; Cima Sorci et M^{re}-Serotine, au nord du Passo Tonale.

bancs de marbre blanc et gris, veiné, à cassure largement lamelleuse, *très semblables au marbre du Monte-Sobretta* (près de Bormio). Comme le marbre du Monte-Sobretta est intercalé dans les *Casannaschiefer*, il est d'ores et déjà évident que l'on ne doit pas compter sur la présence ou l'absence de ces cipolins pour caractériser les *Casannaschiefer* ou les *vieux gneiss* ¹. L'âge de ce complexe de gneiss et de micaschistes n'est pas connu. Je dis *vieux gneiss*, comme MM. Becke et Löwl disent *alkrystallinische Schiefer und Schiefergneis*, uniquement parce que, en suivant ce terrain bien loin vers l'est, on le voit former, à la Stang-Alpe, le substratum du Houiller, et plus loin, à Murau, le substratum du Dévonien. Nous ne savons rien de plus. Dans la région de l'Ortler, il n'y a pas de discordance visible entre les *vieux gneiss* et les phyllades.

5^o Enfin, le dernier terme stratigraphique de la région de l'Ortler est une série de micaschistes largement cristallisés, souvent grenatifères, souvent alternant avec des amphibolites, ou avec des gneiss, série dans laquelle est intercalée, habituellement, une puissante masse de cipolin. C'est le *Kalkphyllitgruppe* de MM. Stache et John, et de M. Teller ². *A cette série appartiennent les marbres blancs de Laas et de Göflan* (vallée de l'Adige). Il n'est pas douteux que la même série ne se retrouve dans la région méridionale des *Öztaleralpen* (massif de la Hochwildespitze), et que les marbres du Ratschingstal ne soient les mêmes que ceux de Laas. Mais les marbres du Ratschingstal ne semblent pas pouvoir être séparés des micaschistes grenatifères du Ridnauntal ; et, les micaschistes du Ridnauntal, ce sont les micaschistes du Rosskopf (sur Sterzing), dont M. Becke a fait ressortir et dont j'ai rappelé les analogies avec les micaschistes de la *Greiner Scholle* du Zillertal.

Il va de soi que la démarcation entre les micaschistes du *Kalkphyllitgruppe* et les *vieux gneiss* du *Gneisphyllitgruppe* est très peu précise. Je ne sais même pas si la distinction entre ces deux complexes a une valeur géologique, c'est-à-dire si ce sont là des terrains d'âge différent, et non pas seulement des faciès différents

1. Les *vieux gneiss*, dans la région du Tonale ont été appelés *Tonaleschiefer* par M. Salomon (W. SALOMON : Ueber neue geologische Aufnahmen in der östlichen Hälfte der Adamellogruppe ; *Sitzungsber. der Akad. d. Wissensch. zu Berlin*, 1901, p. 173).

2. Les *Laaser Schichten* de M. Hammer sont l'équivalent des *Kalkphylliten* de M. Stache. M. Hammer détache du *Kalkphyllitgruppe*, sous le nom de *Phyllitformation*, un complexe de micaschistes et phyllades qui passe latéralement aux gneiss. Ce complexe forme tout le massif de l'Eggenspitze et de la Zufrittspitze, et la partie haute de la chaîne du Hasenohr.

d'une même série. Au sud de Bormio, il semble bien que les micaschistes du Kalkphyllitgruppe manquent, et que l'on trouve les *vieux gneiss* immédiatement sous les Casannaschiefer. Au nord-est de l'Ortler, dans le massif de l'Angelus, une puissante masse de micaschistes apparaît, qui plonge, au nord, sous les phyllades de l'Adige, et qui comprend, à partir de la Laaser Alpe, les marbres de Laas. On dirait, ici, que le Kalkphyllitgruppe est intermédiaire, stratigraphiquement parlant, entre les phyllades et le Gneisphyllitgruppe. *Mais il faut compter avec la structure en paquet de nappes, c'est-à-dire avec les contacts anormaux.*

Un autre embarras se présente quand on essaie de séparer les phyllades quartzeux, ou Casannaschiefer, ou Quarzphyllite, des micaschistes ou des gneiss. La distinction n'est facile que dans l'ensemble ; dans le détail, elle est bien malaisée, sinon impossible. Entre Bormio et Ponte-di-Legno, c'est près du col de Gavia que l'on quitte définitivement les phyllades pour entrer dans les *vieux gneiss* ; mais la limite est imprécise. Dans le Suldental, la difficulté est beaucoup plus grande. Les gneiss porphyroïdes des gorges entre Gomagoi et Inner Sulden ne paraissent point différents de ceux de Trafoi, lesquels sont indubitablement liés aux Casannaschiefer. D'autre part, dans le massif des Vertainspitzen, des gneiss porphyroïdes plus gris s'associent à des micaschistes à grenat et à staurotide, et c'est là, à n'en pas douter, l'extrémité sud de la bande du Kalkphyllitgruppe de Laas. Mais des types phylladiques, quartziteux, blancs, verts ou noirs, non gneissiques, reparaissent plus au sud, sous la Hintere Schöntaufspitze. De sorte que l'on se demande, en parcourant les environs de St-Gertraud, si la distinction n'est pas illusoire, entre les Casannaschiefer et le Kalkphyllitgruppe.

J'ai dit qu'il y a des marbres blancs ou gris, veinés, à cassure lamelleuse, dans les Casannaschiefer, au sud de Bormio (chapelle de San-Pietro, Monte Vallacetta, Monte Sobretta) ; et qu'il y a des marbres, *entièrement semblables*, intercalés dans les vieux gneiss, près du Passo Tonale. Les uns et les autres sont identiques, pétrographiquement, aux marbres de Laas, qui apparaissent au milieu du Kalkphyllitgruppe. La grosse masse de marbre de Laas, qui est continue, au sud de l'Adige, depuis Tomberg jusqu'à la Jennewand, finit en pointe dans l'Untere Laaseralpe. Mais si l'on prolonge, vers le sud-ouest, les bancs micaschisteux qui l'enclavent, on voit reparaître, sur le même alignement, des lentilles de marbre blanc, rose ou jaune, dans le versant occidental des Schöntaufspitzen : et l'on se trouve là, comme je viens de le dire, dans des phyllades

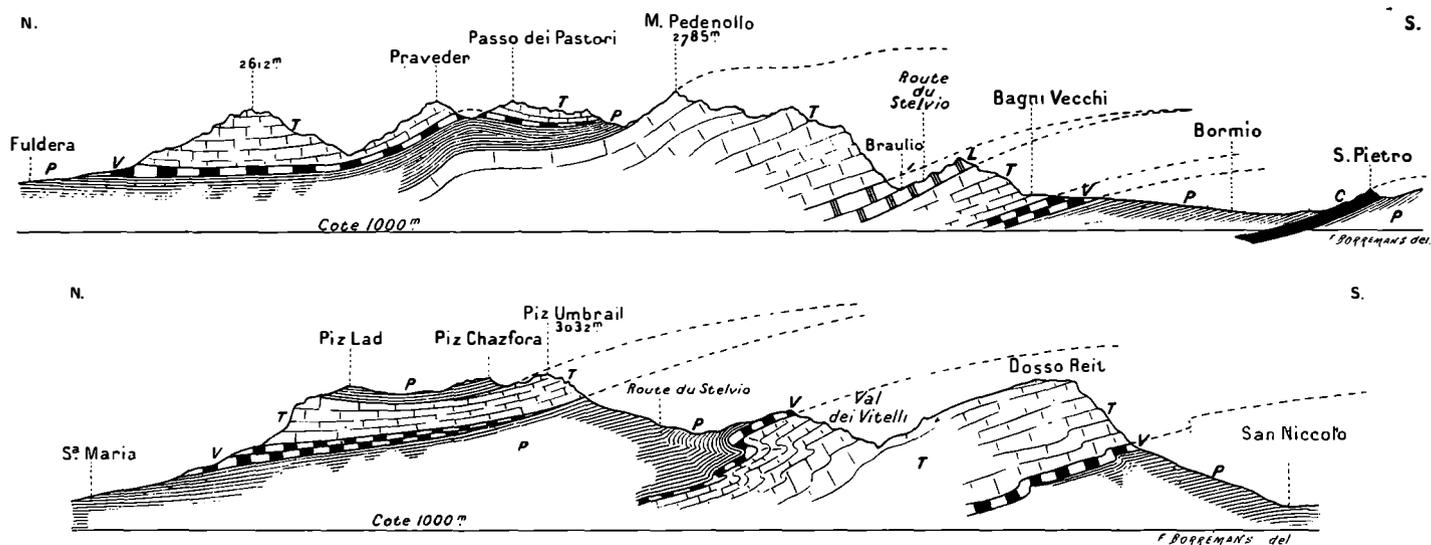


Fig. 8. — Deux coupes à travers les montagnes qui séparent la Valteline du Münstertal. — Echelle : 1/100 000.

P, Phyllades quartzeux (Casannaschiefer), avec gneiss subordonnés ; *C*, Cipolin ou Marbre de Bormio ; *V*, Verrucano (Permien) ; *T*, calcaires, cargneules, et, accessoirement, quartzites et gypses du Trias (Hauptdolomit de Theobald, Ortlerkalk des géologues autrichiens) ; *L*, Lias. — On voit que le pays est formé de plis couchés superposés. Comme la plongée générale est vers le nord, on est tenté, au premier abord, de placer au nord, c'est-à-dire sur la gauche de la figure, les racines de ces plis. En réalité, ces plis sont des nappes, et leurs racines sont sur la droite (au sud), comme on le verra par la suite.

fort semblables aux Casannaschiefer. Si bien que mon impression — qui peut être trompeuse — a été que les marbres de Laas, ainsi prolongés par les marbres des Schöntaufspitzen, sont l'équivalent tectonique des marbres de Bormio.

Mais alors on peut se demander si ces divers marbres, qui sont entre eux tellement semblables, sont bien liés, stratigraphiquement, aux masses phylladiques, micaschisteuses ou gneissiques qui les enclavent, et s'ils ne sont pas, plutôt, un faciès métamorphique d'un seul et même étage calcaire (Trias ou Paléozoïque), que les caprices d'une tectonique très compliquée auraient associé à diverses séries cristallophylliennes. La question a été posée, sans être d'ailleurs résolue, par M. W. Salomon ¹. Je ne crois pas que l'on puisse actuellement la résoudre avec certitude et d'une façon définitive ; mais mon sentiment est que ces marbres sont vraiment liés aux assises cristallophylliennes qui les encaissent, et du même âge qu'elles ².

Tout au fond, nous ne savons, sur la stratigraphie de la région de l'Ortler, que trois choses certaines : la première, c'est que les calcaires de l'Ortler sont triasiques ; la deuxième, c'est que leur base est habituellement liée à des quartzites blancs ou à du Verrucano versicolore ; la troisième, c'est que les gneiss, micaschistes et phyllades, sont antérieurs au Verrucano.

Ces trois données, qui sont absolument sûres, suffisent, comme on va voir, pour la compréhension de la tectonique générale.

Je commencerai par les montagnes entre la Valteline et le Müns-tertal. On traverse ces montagnes, lorsque, partant de Bormio, et suivant la route du Stelvio, on quitte cette route au col de Santa-Maria, pour descendre, par le Val Muranza, jusqu'au village même de Santa-Maria. On peut alors, sans s'écarter beaucoup de la route, observer tout ce que je vais dire. Je réunis, dans la figure 8, deux coupes, suivant des lignes brisées, à peu près nord-sud, à travers le pays en question.

Bormio est sur les phyllades, ou Casannaschiefer, presque horizontaux, ou plongeant faiblement vers le nord. Sur la rive gauche du Frodolfo, les premières pentes du Monte Vallacetta, sont formées des mêmes phyllades, un peu plus inclinées que le versant de la montagne. Dans ces phyllades s'intercale le banc de marbre

1. W. SALOMON. *Neue Beobachtungen aus den Gebieten des Adamello und des St. Gotthard. Sb. d. k. pr. Akad. d. Wissensch. zu Berlin*, 1899, p. 27.

2. Voir plus loin, p. 268, l'exposé des raisons qui, pour les marbres de Laas et ceux du Ratschingstal, me font croire à la liaison stratigraphique des marbres et des micaschistes.

cipolin de San-Pietro, dont l'épaisseur varie, ici, de 50 à 100 mètres. Au mur du banc de marbre, les phyllades ont le même aspect qu'au toit.

Au dessus des phyllades, dans les pentes qui dominent Bormio et Val Furva, il y a du Verrucano, comme l'indique la carte de Theobald. Phyllades et Verrucano s'enfoncent sous le Trias, qui débute souvent par des cargneules, quelquefois par des gypses, très habituellement par des dolomies massives (Bains de Bormio). Dans l'ensemble, la surface de base du Trias plonge au nord, sous un angle moyen de 20 ou 30 degrés : mais cette surface est onduleuse, et le petit lambeau triasique d'Isolaccia, à quelques kilomètres à l'ouest de Bormio, est un témoin d'une ondulation synclinale de la nappe triasique.

La gorge de l'Adda, entre les Bains de Bormio et le confluent du Braulio, est une étroite cluse creusée dans les dolomies, puis dans les calcaires du Trias. Au confluent du Braulio, la route du Stelvio coupe des calcaires noirs bien lités, rapportés par Theobald au Lias, et qui ont, en effet, l'un des faciès des Allgäu Schiefer. Mais on rentre bientôt dans les calcaires du Trias, toujours plongeant au nord, et qui forment les deux parois de l'âpre gorge du Braulio. Ces calcaires ont, ici, une énorme épaisseur (fig. 8). Ce sont eux qui constituent, au sud de la route, la crête de Dosso Reit et du Monte Cristallo ; et la même bande calcaire se prolonge à l'est jusqu'à la Kœnigspitze, et au nord-est, par l'Ortler, jusqu'au delà de Gomagoi.

Un peu avant d'arriver à la Terza Cantoniera, au lieu dit Bocca del Braulio, la route du Stelvio sort des calcaires triasiques, et pénètre dans les phyllades, qui reposent sur le Trias. Au contact, les bancs plongent très fortement (60 degrés environ) vers le nord. Entre les calcaires triasiques et les phyllades, il y a quelques dizaines de mètres d'épaisseur de Verrucano quartzeux, verdâtre, fortement laminé. Les calcaires sont très contournés près du contact, comme on peut le voir dans les escarpements du Monte Radisca. J'ai indiqué, schématiquement, l'allure de ces plissements de la nappe, dans la deuxième coupe de la figure 8.

Désormais, la route du Stelvio, jusqu'au col de Santa-Maria, et jusqu'au col même du Stelvio, est dans les phyllades. Le paysage a changé complètement. La gorge affreuse et désolée est devenue un vallon largement ouvert, vêtu d'admirables prairies. Mais d'autres calcaires triasiques dominent le cirque et reposent sur les phyllades : ce sont les calcaires du Piz Umbrail.

Les phyllades forment, à l'ouest de la route, le sommet du Monte Braulio, l'arête du Passo di Forcola et le versant nord de la Punta

di Rims. A l'est de la route, ils constituent l'arête qui domine le vallon dei Vitelli, et tout le Monte Scorluzzo. L'affleurement de la surface de contact de ces phyllades et du Trias sur lequel ils reposent, cet affleurement, dis-je, contourne le Monte Scorluzzo par l'est, et revient au col du Stelvio, où nous le reprendrons tout à l'heure.

Dans les phyllades du Monte Braulio et du Passo di Forcola, il y a des micaschistes, parfois grenatifères, et des gneiss quartzeux, très blancs, presque sans mica, avec membranes de quartz ondulées, translucides, semblables à de la calcédoine. Ces gneiss sont porphyroïdes (Augengneis). L'orthose y est parfois de couleur rosée. Le type habituel des Casannaschiefer se retrouve au-dessus des gneiss, dans le socle même du Piz Umbrail (sous les calcaires triasiques), au col de Santa-Maria, et dans tout le fond du vallon du Braulio, jusqu'au col du Stelvio : schistes noirâtres ou vert-foncé, souvent rouillés, gondolés ou gaufrés, très fissiles, très brillants, montrant des paillettes de mica blanc et de chlorite, mais peu de grands cristaux de mica blanc.

Le Piz Umbrail (3032) et la cime extrême de la Punta di Rims (2951) sont formés de calcaires triasiques, identiques à ceux des gorges du Braulio. C'est une nouvelle nappe triasique — ou, ce qui revient au même, un nouveau pli triasique — posée sur la nappe de Bormio et de l'Ortler. Sous l'Umbrail, le contact des calcaires et des phyllades est à peu près horizontal ; à la Punta di Rims, il plonge vers le nord. La plongée nord reparait aussi dans le versant septentrional de l'Umbrail ; et, dans le val Muranza, qui descend vers Santa-Maria, la nappe de l'Umbrail, peu à peu, s'abaisse.

A l'ouest du Monte Braulio, les phyllades, et les gneiss qui leur sont subordonnés, vont en diminuant d'épaisseur ; et cette diminution est extrêmement rapide. Près de la cabane Forcola, au pied du versant nord du Mte Pedenollo, il n'y a que quelques dizaines de mètres d'épaisseur de phyllades entre Trias et Trias. Un peu plus loin, les phyllades disparaissent, et l'on n'a plus alors aucun moyen, dans l'immense étendue du pays calcaire, de distinguer ce qui appartient à la nappe supérieure (nappe de l'Umbrail), et ce qui appartient à la nappe inférieure (nappe de Bormio et de l'Ortler).

Le Verrucano manque d'une façon constante entre les phyllades et les calcaires de l'Umbrail.

Un fait capital pour la compréhension de la structure, c'est le retour, par dessus la nappe triasique de l'Umbrail, d'un troisième

système de phyllades et de gneiss. *C'est une troisième nappe, posée sur les deux précédentes.* Ce retour des phyllades n'a pas échappé à Theobald ; et la carte de cet habile géologue porte, assez exactement dessiné, tout le lambeau phylladique et gneissique posé sur les calcaires de l'Umbrail. Mais Theobald n'a pas vu l'impor-

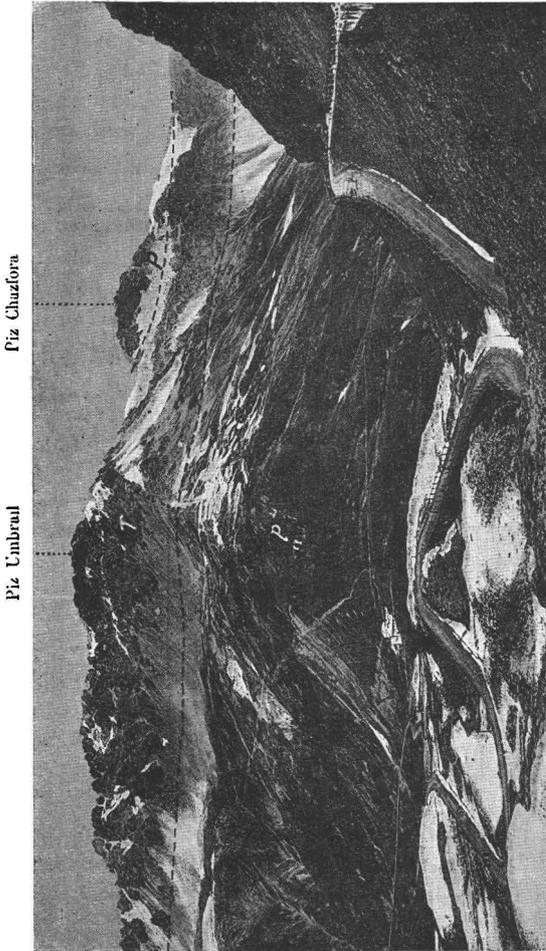


Fig. 9. — Les Piz Umbrail et Chazföra vus de Ferdinandshöhe (d'après une photographie).
P, Casannaschiefer et gneiss subordonnés ; T, calcaires triasiques de l'Umbrail.

tance extrême d'un pareil fait ; et je ne crois pas que personne autre y ait fait attention. Et cependant, pour observer la superposition des gneiss aux calcaires, entre le Piz Chazföra et le Piz Umbrail, il suffit d'une promenade d'environ deux heures, commençant et finissant à la Quarta Cantoniera. En un jour de marche,

on peut, de Bormio à Santa-Maria, ou de Bormio à Ferdinandshöhe, étudier les trois nappes, et constater leur superposition.

Les calcaires triasiques de l'Umbrail ne diffèrent en rien, quant au faciès, des calcaires de la nappe Bormio-Ortler. Ils sont extraordinairement cassés et fragmentés, et l'Umbrail tout entier n'est qu'une vaste ruine. Les terrains cristallins du Piz Chazfora, qui reposent sur les calcaires de l'Umbrail, sont presque exclusivement formés de gneiss très rocheux, semblables à ceux du Monte Braulio et du Passo di Forcola. Un peu plus loin vers l'ouest, des phyllades et des micaschistes s'associent aux gneiss. Ce témoin de la troisième nappe forme les Piz da Rims et Lad de la carte autrichienne. Son épaisseur n'atteint nulle part 300 mètres, et elle est même habituellement inférieure à 200 mètres.

Le Val Muranza, depuis le col de Santa-Maria jusqu'au voisinage du point 1959 (carte autrichienne), est creusé dans les phyllades (Casannaschiefer) et dans les gneiss subordonnés. Les pentes à l'ouest de la route sont dominées par les calcaires triasiques de l'Umbrail, surmontés eux-mêmes par les gneiss du Piz Chazfora. A l'est de la route, l'arête déchiquetée qui sépare le Val Muranza du Val Costainas est tout entière formée de Casannaschiefer. Vers le point 1959, le Trias, graduellement abaissé, et plongeant toujours au nord-ouest, forme les deux parois et le fond même de la gorge. La route traverse le Trias, trouve, au dessous de lui, un peu de Verrucano, et rentre, avant Santa-Maria, dans les phyllades.

De l'hôtel Ferdinandshöhe, qui est au col même du Stelvio, quand on regarde vers le nord-ouest, on voit très nettement, sur les phyllades du col de Santa-Maria, les escarpements grisâtres du Trias de l'Umbrail et, *par dessus ce Trias*, la masse noirâtre des gneiss du Piz Chazfora (fig. 9).

La première coupe de la fig. 8, entre Bormio et Fuldera, ne montre aucun témoin de la nappe du Piz Chazfora. Fuldera, comme Santa-Maria, est sur les phyllades, base de la nappe de l'Umbrail. Tout le haut Münstertal est dominé par les calcaires triasiques de cette même nappe de l'Umbrail; et l'on peut, partant du Münstertal, gagner les crêtes du Piz Pisoc et du Piz Lischanna, sans cesser de fouler aux pieds les mêmes calcaires. Les témoins de gneiss, que M. W. Schiller¹ a décrits comme reposant sur le Trias et le Lias du Lischanna, sont donc les équivalents tectoniques

1. W. SCHILLER. Geologische Untersuchungen im östlichen Unterengadin, I. Lischannagruppe. *Berichte der naturforschenden Gesellsch. zu Freiburg i. Br.*, Bd. XIV, 1904, p. 107-180. Deux de ces lambeaux cristallins, ceux des Piz Cornet et Rims, ont été vus par Theobald et figurent sur sa carte.

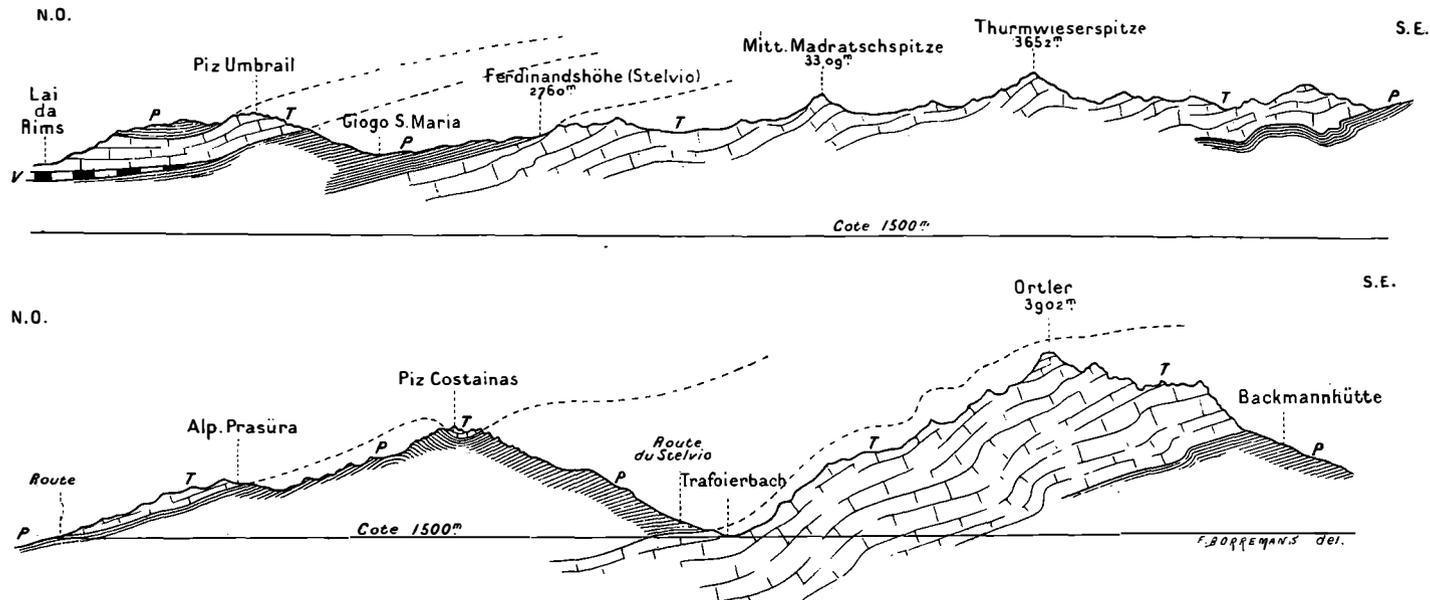


Fig. 10 — Deux coupes à travers le massif de l'Ortler. — Echelle: 1/100 000.

P, Phyllades quartzeux (Casannaschiefer), avec gneiss subordonnés; *T*, calcaires, et, accessoirement, cargneules et quartzites du Trias (Ortlerkalk, Hauptdolomit de Theobald). — Ces coupes traversent les plis couchés superposés, déjà définis par les deux coupes de la figure 8. Les plis s'enracinent à droite de la figure, c'est-à-dire au sud-est: ce sont donc de véritables nappes.

des gneiss du Piz Chazfora, et nous entrevoyons d'ores et déjà la liaison des nappes de l'Ortler aux nappes de la Basse-Engadine.

Mais laissons de côté, pour l'instant, cette question du prolongement vers le nord des nappes de l'Ortler, et venons au col du Stelvio (Stilfser Joch).

Ce col s'ouvre à la limite même des phyllades, base de la nappe du Piz Umbrail, et des calcaires triasiques, partie haute de la nappe Bormio-Ortler. Il va de soi que la faille imaginée par Gumbel n'existe pas, et que, comme l'a dit Theobald, les calcaires triasiques plongent sous les phyllades. Le ravin à l'est du col, sous les lacets de la route, suit le contact, jusqu'à l'aval de Franzenshöhe. La plongée est d'abord assez forte : 30 à 40 degrés, c'est à dire à peu près la pente même de la montagne, sous l'Ebenferner ; elle diminue ensuite, jusqu'à devenir nulle au-delà de Franzenshöhe. Les calcaires triasiques sont d'ailleurs ondulés, et parfois violemment et brusquement contournés ; et cela, non seulement près du contact, mais aussi en plein pays calcaire. La belle aiguille rocheuse, appelée Vorderer Madratschspitze, qui domine toute la descente du Stelvio et tout le haut vallon de Trafoi, montre, dans ses escarpements, les nombreux replis des assises calcaires contournées en S, et plongeant, en moyenne, de 60 degrés vers le nord. Ces ondulations multiples expliquent l'énorme largeur du pays calcaire, à l'est et au sud-est du col du Stelvio, alors que l'épaisseur réelle de la lame triasique ne doit nulle part dépasser 1 500 mètres.

Je donne ici (fig. 10) deux coupes à travers ce haut pays calcaire, en grande partie couvert de glaciers. Comme l'allure *générale* des couches triasiques est une faible plongée vers le nord ou le nord-ouest, ce massif est peu escarpé et offre beaucoup d'itinéraires faciles.

La première des deux coupes ci-dessus va du Lai da Rims, au nord-ouest, à la Mittlere Madratschspitze (3 309 m.), en passant par le col même du Stelvio (Ferdinandshöhe, 2 760 m.). Prolongée vers le sud-est, elle tranche la cime de la Thurmwieserspitze (3 652 m.) et les escarpements méridionaux de la Koenigspitze, et va jusqu'au glacier de Cedeh. Elle montre les trois nappes superposées : nappe Bormio-Ortler, nappe de l'Umbrail, nappe du Piz-Chazfora. La deuxième coupe va de Santa-Maria-im-Münstertal au sommet de l'Ortler, et de là, en obliquant un peu, à la Backmannhütte. Elle montre, au Piz Costainas, un lambeau de calcaire triasique, équivalent des calcaires de l'Umbrail. Elle franchit la route du Stelvio près du point 1776 de la carte autrichienne, un peu au nord du Weisser Knott.

Au Weisser Knott, la route du Stelvio coupe les quartzites du Trias : plaquettes quartzzeuses, laminées, avec beaucoup de mica blanc, alternant avec des schistes satinés noirâtres, blancs, gris, verdâtres, ou lilas. Ces quartzites forment ici le substratum immédiat des Casananschiefer et des gneiss. Ils sont à peu près horizontaux et ont une épaisseur de 40 ou 50 mètres. En descendant directement, par le sentier des piétons, sur Heilige Drei Brunnen, on voit ces quartzites reposer sur les calcaires. La gorge étroite où mugit le torrent, au pied du Weisser Knott, est creusée dans les calcaires. Les quartzites appartiennent donc à une *série renversée*, comprise entre la nappe Bormio-Ortler et la nappe de l'Umbrail. Mais cette série renversée a une allure lenticulaire : les quartzites en question disparaissent bien vite, au sud comme au nord du Weisser Knott ; ils n'existent ni à Franzenshöhe, ni à Trafoi.

D'aucuns voudront sans doute attribuer au Verrucano les quartzites et schistes versicolores du Weisser Knott. On peut, en effet, hésiter, pour ce terrain, entre Permien et Trias ; et la chose n'a aucune importance pour la tectonique générale. Que ces couches soient triasiques, ou qu'elles soient permienues, elles font partie d'une série renversée, ayant sur elles les phyllades et les gneiss, et sous elles les calcaires triasiques.

Au nord du point 1863 (Weisser Knott), dans les lacets de la route, les bancs se remettent à plonger, de 20 degrés en moyenne, vers le nord-ouest. Il en résulte que l'on rentre dans les phyllades et les gneiss, et que

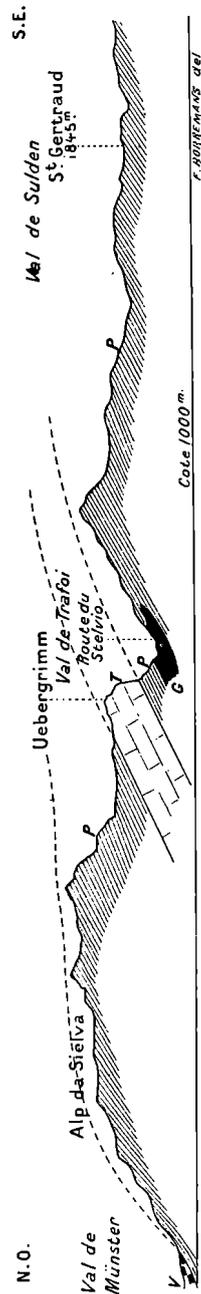


Fig. II. — Coupe du nord-ouest au sud-est entre le Müntertal et Inner Suldentals. — Echelle : 1/100 000. G, amas de granite intercalé dans les phyllades ; P, phyllades quartzites (Casananschiefer) et gneiss subordonnés ; T, calcaires triasiques de l'Ortler. — Comparer cette coupe aux précédentes (fig. 10). C'est la même allure, et ce sont les mêmes plis couchés ; mais le Trias de l'Ortler est réduit ici à une lame de quelques centaines de mètres d'épaisseur.

la limite du Trias s'éloigne de la route pour se rapprocher du fond de la vallée. Cette limite reste néanmoins sur la rive gauche du Trafoierbach ; mais le village de Trafoi, et les hôtels, sauf l'hôtel Zum schönen Aussicht, semblent être bâtis sur les phyllades. Sur la rive droite du torrent, à la base du Tabaretta, les calcaires triasiques plongent faiblement (20 ou 30 degrés) vers le nord-ouest ou l'ouest.

De l'autre côté de l'Ortler, dans le fond du Val de Sulden, la ligne d'affleurements de la base des calcaires triasiques se tient entre 3 200 et 2 600 mètres d'altitude, traverse le Suldenferner, passe à peu de distance de la Backmannhütte, et, par le Kuhberg et le Marltberg, se dirige vers la Hochleitenspitze. La largeur du pays triasique diminue donc rapidement du sud au nord. Du Stelvio à la Backmannhütte, par le sommet de l'Ortler, il y a dix kilomètres de pays triasique ; il n'y en a plus que trois kilomètres suivant une ligne à peu près parallèle à la précédente et passant par le Trafoi Hôtel et le Hochleitenjoch.

Brusquement, au nord de la Hochleitenspitze, la limite orientale des calcaires triasiques tourne vers l'ouest et marche vers Trafoi. La largeur de la bande triasique, qui avait, jusqu'ici, décliné graduellement, tombe soudain à 500 mètres, par le travers de l'hôtel Zum schönen Aussicht. L'immense masse calcaire n'est plus désormais qu'une *lame*, comprise entre phyllades et phyllades, et qui diminuera encore, jusqu'à se serrer tout à fait et disparaître. Je n'ai jamais vu plus bel exemple de l'allure *lenticulaire* qui est l'allure caractéristique des pays de nappe : et les contours du Trias de l'Ortler, entre le Val Zebrù et Gomagoi, sont les plus curieux et les plus *parlants* que l'on puisse contempler.

A moins de 700 mètres au nord de l'hôtel Zum schönen Aussicht, la limite orientale de la lame triasique franchit le torrent de Trafoi. Les pentes boisées de la rive droite sont désormais formées de phyllades quartzeux, fréquemment rouillés, dans lesquels s'intercalent des bancs de gneiss. Entre le troisième et le quatrième pont, un peu à l'aval du point 1 420 de la carte autrichienne, on observe, sur la route même, un amas de *granite*, qui constitue, un instant, le fond de la vallée et les premiers escarpements de la rive gauche. Ce granite, intercalé dans les Casannaschiefer, est une belle roche à mica noir abondant, feldspath alcalin blanc, et quartz bleu violacé irrégulièrement teinté. La longueur de l'amas, dans le sens de la vallée, ne dépasse pas 300 mètres. Dès que l'on a franchi le quatrième pont, et jusqu'à Gomagoi, ce sont des gneiss porphyroïdes, à orthose rose, qui affleurent, au-dessus de la route, sous

les escarpements calcaires. La coupe ci-dessus (fig. 11) tranche l'amas granitique dont je viens de parler. Elle montre l'allure de la lame triasique entre l'hôtel Zum schönen Aussicht et Gomagoi, et l'étonnante réduction d'épaisseur que cette lame a subie. Un peu plus à l'amont (dans la vallée de Trafoi), au dessus des maisons appelées *Æusserer Hof*, la largeur de la lame est encore moindre et tombe, localement, à 200 mètres tout au plus.

La lame calcaire forme les escarpements du Kleinboden et de l'Uebergrimm. Le Trias et les phyllades plongent au nord-ouest, d'environ 30 degrés. Au nord de l'Uebergrimm, dans le Val de Platz, à l'amont de Saint-Martin, *on voit brusquement la lame se serrer jusqu'à disparaître*. C'est en vain que, sur la rive gauche du Platzbach, j'ai cherché les affleurements triasiques. On ne trouve que des phyllades quartzeux, très fissiles et tendres, ayant déjà l'aspect des phyllades du Vintschgau, horizontaux parfois, ou faiblement inclinés vers le nord-ouest. Dans le Val de Stilfs, à quelques centaines de mètres à l'amont du village, il m'a, de loin, semblé que la lame triasique se rouvre ; mais cette réapparition du Trias, dont je ne suis pas sûr, n'est, si elle existe, que locale. Dans les pentes au nord de Stilfs, le Trias ne se montre pas, et l'on ne voit que des phyllades.

La route du Stelvio, entre Gomagoi et Prad, n'offre des affleurements qu'à l'aval du pont de Stilfs. Ce sont des Casannaschiefer luisants, très lités, noirâtres ou verdâtres. Ils plongent d'abord ¹ de 30 degrés vers le nord. Un peu plus loin, ils plongent très fortement (jusqu'à 70 degrés) vers le nord-nord-est ; mais ce n'est qu'un passage. Ils se remettent ensuite à plonger de 30 degrés au nord. Sur la rive gauche, dans les ravins qui déchirent l'escarpement, les phyllades (schistes noirâtres, ou verdâtres, rouillés) ont une allure troublée, et même chaotique. Ils semblent cependant, presque toujours, inclinés vers le nord.

Tout à coup, et sans que rien fasse prévoir cette apparition soudaine, le Trias, sous la forme de calcaires gris identiques à ceux de l'Ortler, se montre, sur la route même, à 400 mètres environ avant que l'on n'arrive aux maisons de Schmelz. *Ce retour du Trias, dans le fond d'une vallée dont les deux versants sont constitués par des phyllades, a une importance tectonique extrême, inaperçue jusqu'ici*. Je décrirai donc avec quelques détails les conditions dans lesquelles il se produit.

1. Je suppose, dans cette description, que l'on suive la route du Stelvio en descendant.

Le Trias n'apparaît que sur la rive droite, le long de la route du Stelvio. Il domine cette route et les maisons de Schmelz par des escarpements de 20 à 50 mètres de hauteur, qui vont en grandissant de l'aval à l'amont. De petites carrières, exploitées pour pierre à chaux, sont ouvertes dans les calcaires triasiques. Sur la rive gauche du Suldenbach, on n'observe que des phyllades, horizontaux ou plongeant très faiblement au nord-ouest.

La longueur totale des affleurements triasiques, parallèlement à la vallée, est d'environ 500 mètres. Ils cessent brusquement à l'amont. A l'aval, vers Prad, ils se cachent sous le Glaciaire, ou sous les alluvions de la plaine de l'Adige.

Ce n'est qu'au dessus des deux escarpements triasiques situés le plus à l'amont que l'on observe les conditions du gisement. Le moins haut des deux montre, vers son sommet, *les calcaires triasiques s'enfonçant, au sud-est, sous les phyllades* : le contact a une inclinaison de 30 degrés. Le plus élevé des deux escarpements, et le plus à l'amont, est plus intéressant encore. Tout au sommet, on observe des phyllades mous et tendres, horizontaux, *posés sur le Trias horizontal*. Immédiatement au sud de ce sommet, les bancs se ploient, brusquement, à 90 degrés, et deviennent verticaux. Il en est de même à l'ouest, où les bancs triasiques descendent *verticalement* sur la route.

Il se peut fort bien que les phyllades mous et tendres, posés sur le Trias, au sommet de l'escarpement, soient du Verrucano, et non pas des Casannaschiefer. Mais, en tout cas — et cela seulement importe — ces phyllades sont plus anciens que les calcaires du Trias, et ils s'enfoncent eux-mêmes sous les Casannaschiefer.

Ainsi, *le Trias de Schmelz est situé sous les phyllades*. Il apparaît, grâce à un brusque bombement des nappes, dans une déchirure de ces phyllades. Au nord, il s'en va passer sous les phyllades de la rive gauche ; à l'ouest, au sud et à l'est, il plonge sous les phyllades de la rive droite, peut-être avec intercalation d'une mince lame de Verrucano. Ce n'est qu'au nord-est que la limite de ce dôme triasique est inconnue, à cause de l'existence, dans la plaine de l'Adige, d'un épais manteau d'alluvions. Mais, au-delà de l'Adige, à Neu-Spondinig et à Eyrs, on retrouve les phyllades, toujours horizontaux, ou à peine ondulés ; et il n'y a pas de doute que la lame triasique de Schmelz — si toutefois elle n'est pas complètement serrée — ne se cache, à une profondeur sans doute assez faible, sous ces phyllades du Vintschgau.

Voici une conclusion singulièrement importante, et sur laquelle j'attire tout particulièrement l'attention du lecteur. Tout le haut

Vintschgau, à l'amont de Schlanders, est creusé dans une épaisse série de phyllades, presque horizontaux, ou faiblement ondulés, dans leur ensemble. *Sous ces phyllades du Vintschgau, il y a une lame de Trias*: c'est la lame qui vient un instant au jour, à Schmelz, près de Prad, dans un brusque bombement des nappes empilées.

Qu'est-ce que cette lame triasique, et quelle est sa place dans le système de nappes que je décris? Est-ce la lame de l'Ortler, que nous avons suivie jusqu'à Stilfs, et dont nous avons perdu la trace? N'est-ce pas, plutôt, une lame inférieure, un témoin d'une nappe plus basse que la nappe Bormio-Ortler? Je ne suis pas en état de répondre formellement à cette question; mais j'incline vers la première hypothèse. J'ai signalé, en effet, l'allure chaotique et les fortes inclinaisons que prennent les phyllades à l'aval du pont de Stilfs. Cette allure et ces inclinaisons semblent devoir suffire pour faire descendre jusqu'au fond de la vallée la ligne d'affleurements de la lame triasique de l'Ortler, ou plutôt — la lame triasique étant serrée jusqu'à zéro — la ligne d'affleurements de la surface de contact entre les phyllades de la nappe Bormio-Ortler et les

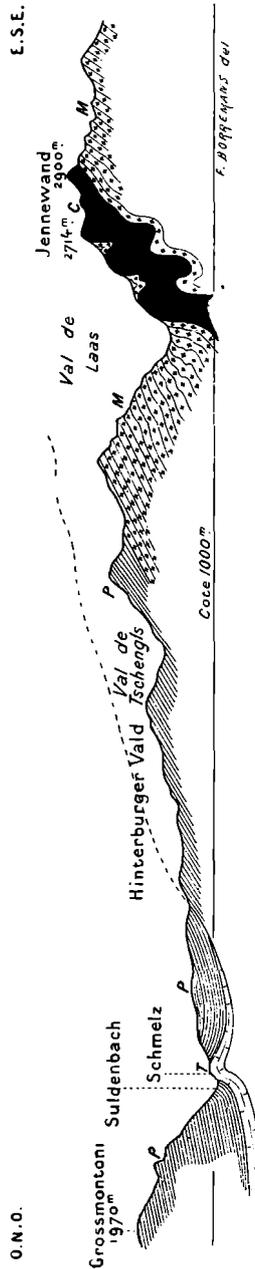


Fig. 12. — Coupe de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est, à travers le Trias de Schmelz et les marbres de Laas. — Echelle : 1/100 000. M, Micaschistes et gneiss; C, cipolin ou marbre de Laas; P, phyllades quartzeux, avec gneiss subordonnés (Casanaschiefer, phyllades du Vintschgau); T, calcaires du Trias. — Même structure que dans les coupes précédentes : nappes empilées, brusquement relevées sur la droite de la figure, et dont les racines sont à droite de l'observateur. L'affleurement de la surface de contact des deux nappes, dans le Hinterburger Wald, est hypothétique. La limite des micaschistes M et des phyllades P est imprécise.

phyllades de la nappe Umbrail. Cette ligne passerait ainsi au sud de Schmelz et au sud de Prad, au travers des pentes boisées, et s'en irait, suivant toute vraisemblance, vers Tschengls et vers Laas. Et ce serait donc la lame même de l'Ortler qui se cacherait sous les phyllades du Vintschgau, et qui, brusquement, surgirait à Schmelz. L'identité pétrographique *absolue* des calcaires de Schmelz et des calcaires de l'Ortler vient à l'appui de cette manière de voir. Mais il est possible aussi que la ligne d'affleurements de la lame triasique de l'Ortler se poursuive, au nord de Stilfs, dans les pentes qui dominant Agums et Lichtenberg ; et dans ce cas, le Trias de Schmelz appartiendrait à une nappe inférieure, et il y aurait deux parts à faire dans les phyllades du haut Vintschgau, les uns se rattachant à la nappe Bormio-Ortler, les autres à la nappe Umbrail.

L'étude très minutieuse des environs de Stilfs permettra peut-être, un jour ou l'autre, de trancher la question. Mais, quelle que soit l'issue du débat, la tectonique générale restera la même ; et l'allure générale sera celle d'un paquet de nappes. Seul, le nombre des nappes et leur numérotage pourront varier.

La figure 12 est une coupe du Trias de Schmelz, prolongée à l'ouest jusqu'au Grossmontoni, à l'est, à travers les forêts de Tschengls et le Laasertal, jusqu'aux escarpements de marbre de la Jennewand. J'ai adopté, dans le tracé de cette coupe, l'hypothèse qui rattache le Trias de Schmelz à la nappe de l'Ortler ; et cela conduit à faire affleurer, un peu à l'est de Schmelz, la surface supérieure de cette nappe de l'Ortler. C'est, dans la coupe, tout ce qu'il y a d'hypothétique. Dans les pentes qui dominant Tschengls, les phyllades font place, peu à peu, à des micaschistes plus largement cristallisés. La limite des deux systèmes est imprécise ; mais il est certain que les micaschistes sont sous les phyllades.

Le Val de Laas est creusé dans le système *M* de la figure 12, c'est-à-dire dans des micaschistes et gneiss, plongeant vers le nord-ouest, sous un angle ordinairement faible. Les micaschistes (à mica noir très fin, mica blanc très large, et chlorite) dominent. Les gneiss sont à grain fin, à mica noir ; leur couleur habituelle est le brun violacé. Il y a beaucoup de chloritoschistes, et quelques bancs d'amphibolites. Les micaschistes sont souvent grenatifères. L'aspect général est fort différent de celui des phyllades *P*.

Mais, dans le détail, il devient très difficile de marquer une limite entre *P* et *M*. Dans la série *M*, il y a des bancs de schistes mous, luisants, noirâtres, fort semblables aux Casannaschiefer. Et au delà des marbres, dans le Laaserferner, la série *M* contient des assises de gneiss porphyroïde (Augengneiss) entièrement analogue aux gneiss de Franzenshöhe et de Trafoi.

Les marbres de Laas sont intercalés dans la série *M*, soit qu'ils fassent, géologiquement, partie de cette série, soit qu'ils y aient été introduits par les mouvements orogéniques¹. Ces marbres, ainsi que je l'ai dit déjà, ne diffèrent en rien des marbres de Bormio et du Monte-Vallacetta, que nous avons vus (fig. 8) intercalés dans les Casannaschiefer. Dans la Jennewand, les marbres plongent, en moyenne, de 45 degrés vers le nord, avec de violents contournements qui produisent, dans la masse blanche du marbre, l'insertion de lentilles et de rubans de micaschistes, signalés de loin par leur couleur sombre. L'épaisseur des marbres est, à la Jennewand même, de plusieurs centaines de mètres; mais, à l'ouest du sommet 2711, après une brusque avancée au nord suivie d'un brusque retour au sud, l'étage marmoréen, devenu presque vertical, s'amincit rapidement. On le voit, au-dessus du point 1671 de la carte autrichienne, longer la base de la Laaserspitze, parallèlement à la vallée, puis *finir en pointe* près de l'Untere Laaseralpe. Il ne reparait plus dans le cirque glacé des Angelusspitzen et des Pederspitzen. J'ai dit plus haut qu'on le voit se montrer de nouveau, au sud du col de Rosim, sur le versant de Sulden.

Tout le massif du Tschenglsler Hochwand et tout le massif d'Angelus sont formés des micaschistes et gneiss de la série *M*, fréquemment ondulés, et agités parfois de brusques ressauts, mais plongeant, dans l'ensemble, au nord-ouest, sous les gneiss de Gomagoi et sous les phyllades du Vintschgau. Partout la limite, à l'ouest de ces massifs, entre la série *M* et la série *P*, est imprécise, et nulle part autant que dans la vallée même de Sulden. Quand on monte de Gomagoi à Inner Sulden, et de là à la Schaumbachhütte, on a l'impression d'être toujours dans la même série cristallophyllienne, où alternent les schistes mous et luisants, du type Casanna, les gneiss porphyroïdes du type Trafoi, et les micaschistes à grenat et staurotide. Si j'ajoute que la bande de marbre traverse le glacier de Sulden et passe dans le Val Zebrù, et que, là, elle se trouve, sous les calcaires triasiques de la nappe Bormio-Ortler, à peu près à la même distance que les marbres du Monte-Vallacetta, j'aurais dit tout ce que l'on peut dire en faveur de

1. J'ai dit plus haut (p. 244) que c'était là une question encore pendante. M. Salomon semble tenir pour l'âge triasique des marbres fort analogues, et peut-être identiques, que l'on trouve, au nord du Passo Tonale, intercalés dans les micaschistes et les gneiss. J'incline, au contraire, vers la liaison géologique des marbres de Laas et de la série *M*, et vers l'âge paléozoïque de l'ensemble. Voir plus loin (p. 268) ce que je dis sur cette même question, à propos des marbres du Ratschingstal. Personne ne peut douter de l'identité de ces derniers marbres et des marbres de Laas.

l'identité géologique des deux séries *P* et *M*, ou de l'identité géologique des Casannaschiefer et du Kalkphyllitgruppe. Mais c'est là une question de pure stratigraphie, et qui m'entraîne loin de mon sujet. Je crains d'ailleurs qu'elle ne soit à tout jamais insoluble.

A l'est de la Jennewand, la bande de marbres de Laas se prolonge, par le Weisswandl et le Laaser Schartl, en se rapprochant graduellement de l'Adige. Sa largeur est variable, habituellement de 200 à 300 mètres. Les couches se redressent à la traversée du Martelltal, jusqu'à devenir verticales. Au-delà du Martelltal, la bande vient tout auprès de la plaine, au sud de Latsch ; puis elle s'en éloigne de nouveau au sud de Tarsch, et enfin, prenant la direction du nord-est, s'en rapproche encore, jusqu'à y aboutir, à Tomberg.

A Tomberg, les marbres, déjà très amincis, se cachent sous les alluvions de l'Adige. On s'attendrait à les voir reparaitre, sur la rive gauche de l'Adige, entre Tschars et Naturns ; mais on ne les trouve plus ; et, pour observer des marbres semblables, il faut remonter le Schnalsertal et contourner, par le nord, le Texelgruppe. Entre le Martelltal et Tomberg, la bande de marbre a été brièvement décrite par M. Stache : les assises calcaires sont toujours très redressées, souvent verticales ; quand elles ne sont pas verticales, *elles plongent au sud*, et sont donc *renversées* par rapport à la situation qu'elles occupent à l'ouest du Martelltal. Non seulement le pli couché auquel ces marbres appartiennent a dépassé l'horizontale, et même atteint la verticale à 180 degrés de sa première position ; mais encore il a dépassé cette verticale, et tourné, de la sorte, de plus de 180 degrés. En venant du Val Zebrù, par les cols de glace du fond de Sulden, le col de Rosim et la Jennewand, et marchant jusqu'à Tomberg, on prend le pli couché presque horizontal, et on le voit s'incliner graduellement vers le nord (donc au delà de l'horizontale), puis sa pente augmenter, graduellement, jusqu'à 90 degrés, et enfin les assises marmoréennes se renverser et plonger de 70 à 80 degrés vers le sud.

Arrêtons-nous un instant, et regardons le chemin parcouru. De Bormio, au sud, jusqu'à Schmelz, au nord, les coupes transversales, parfaitement concordantes, manifestent la constance et la régularité de la tectonique générale. *Tout le pays entre Bormio et le Münstertal, ou entre le Val Zebrù et l'Adige, est un paquet de*

I. G. STACHE. *Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1880, p. 127-131. — W. HAMMER. *Loc. cit.*, *Jahrb. d. k. k. Reichsanstalt*, t. LIV, 1904, profils 7 et 8, p. 570 et 571.

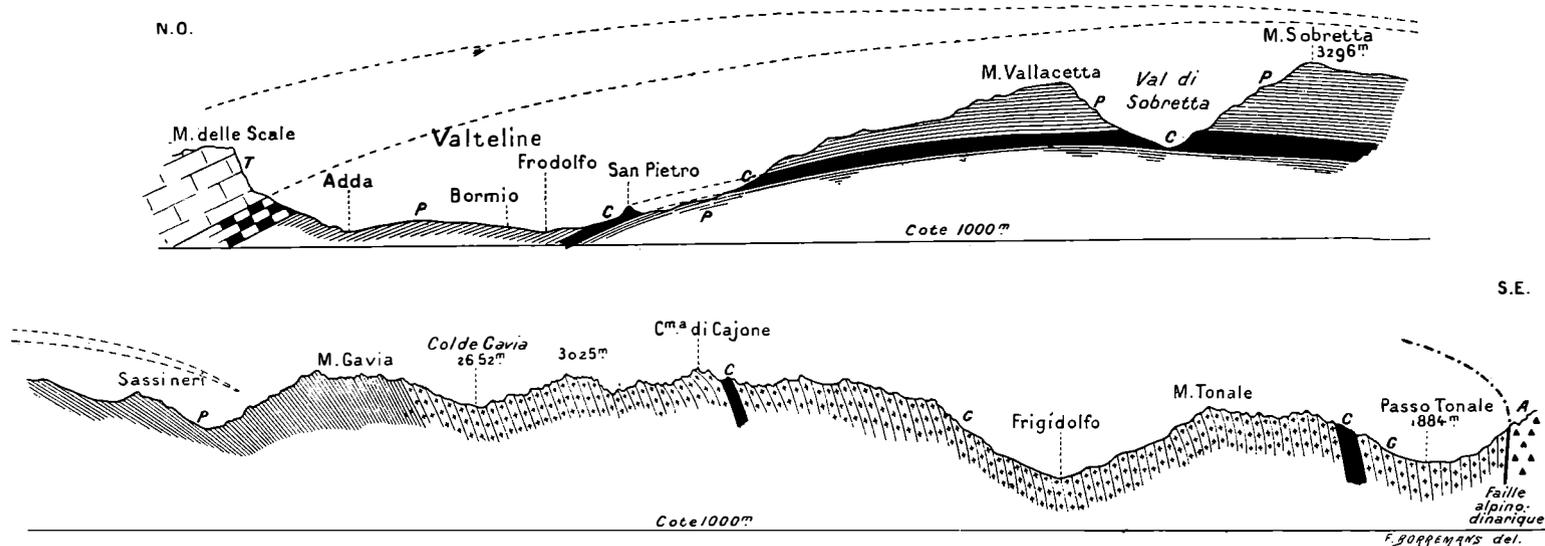


Fig. 13. — Coupe du Monte delle Scale, près de Bormio, au Passo Tonale, par le Monte Sobretta. — Echelle: 1/100 000. G, Vieux gneiss (Tonaleschiefer de M. Salomon), et micaschistes subordonnés (parfois à grenat et staurotide), avec cipolins et amphibolites; C, cipolins (Weissermarmor de Theobald); P, phyllades quartzeux (Casannaschiefer de Theobald), avec rares bancs de gneiss; V, Verrucano; T, calcaires, et, accessoirement, dolomies et cargneules du Trias (Ortlerkalk); A, tonalite de l'Adamello. — Le lecteur doit, par la pensée, juxtaposer les deux parties de la coupe: celle d'en haut à gauche, celle d'en bas, à droite. Les phyllades de Bormio, qui supportent, en concordance, les plis couchés de l'Ortler et de l'Umbrail (fig. 8 et 10), sont courbés en une voûte large et plate, au sud de laquelle ils se redressent peu à peu. La région orientale de la coupe, où l'on ne voit plus que des gneiss plongeant fortement au sud-est, correspond donc à la zone des racines de tous les plis couchés déjà décrits. Cette zone est limitée au sud par la faille alpine-dinarique. J'ai marqué hypothétiquement, et à titre d'indication schématique, au-dessus des montagnes de Gavia, la terminaison du synclinal triasique de l'Ortler; et hypothétiquement aussi l'incurvation probable, au-dessus du Passo Tonale, de la surface de charriage des Dinarides sur les Alpes.

plis couchés superposés : et il y a, dans ce paquet, trois plis au moins. Comme la pente générale des couches est vers le nord-ouest, on pourrait, de prime abord, croire que ces plis s'enracinent au nord, et que, dans leur déversement au sud, ils n'ont pas dépassé l'horizontale. Mais nous allons voir que ces mêmes plis couchés, le long d'une ligne allant du Monte Sobretta (près de Bormio) à Töll (sur l'Adige), s'incurvent en une voûte large et plate, au sud de laquelle tous les terrains, très redressés, plongent vers le sud-est. *C'est donc au sud de cette ligne qu'il faut chercher la zone des racines ; et les plis couchés du massif de l'Ortler sont donc des nappes.* On chercherait vainement, d'ailleurs, au nord de Prad, une région qui pût être une zone de racines. D'ores et déjà, nous savons que le *pays de nappes* commence à Bormio, ou au Val Zebrù, et qu'il s'étend, vers le nord, tout au moins jusqu'à l'Engadine.

Voyons, avec quelque détail, ce qui se passe au sud de Bormio, dans les montagnes qui séparent la Valteline du massif de l'Adamello.

La figure 13 est une coupe de Bormio au Passo Tonale, qui fait à peu près suite au premier profil de la figure 8. Lorsque, partant de Bormio, on remonte le Val Furva jusqu'à Santa-Caterina, et que l'on prend ensuite le chemin du col de Gavia, pour aboutir à Ponte-di-Legno, on voit tout ce qu'il y a d'essentiel dans cette coupe ; et c'est l'affaire d'une journée de marche. Mais il est intéressant d'aller plus lentement, et de voir, à San Pietro et dans le Val di Sobretta, le passage des marbres ; comme aussi de monter de Ponte-di-Legno au Passo Tonale, et, de ce col, d'aller voir, au nord les cipolins du Monte Tonale, au sud la faille alpino-dinarique et la brusque apparition de la tonalite de l'Adamello¹. Au total, trois jours suffisent.

De Bormio à Santa-Caterina, par la route, on n'observe que des phyllades mous, sensiblement horizontaux. Le Monte Vallacetta et le Monte Sobretta, de la base à la cime, sont faits des mêmes phyllades, faiblement ondulés dans le détail, et montrant, dans leur ensemble, la disposition en voûte représentée par la figure 13. Les marbres de San Pietro, dont j'ai déjà parlé, et qui semblent bien s'enfoncer sous la ville de Bormio, passent aussi sous le

¹ Je réunis à la tonalite de l'Adamello les gneiss et les phyllades qui en sont inséparables (*Tonalitgneiss et Quarzlagenphyllite* de M. Salomon). W. SALOMON: Ueber neue geologische Aufnahmen in der östlichen Hälfte der Adamellogruppe; *Sitzungsber. d. k. pr. Akad. d. Wissensch. zu Berlin*, 1901, p. 172 et suiv.

Monte Vallacetta et reparaisent dans le fond du Val di Sobretta comme l'indique la carte de Theobald. Ces marbres correspondent à ceux du Val Zebrù (Gümbel) et probablement aussi à ceux de Laas (auxquels ils se rattacheraient par le glacier de Sulden et le col de Rosim).

Dès l'entrée de la gorge de Gavia, au sud de Santa-Caterina, les phyllades commencent à plonger vers le sud ou le sud-est, et leur inclinaison, augmente rapidement. Jusqu'au col de Gavia, la plongée ne dépasse guère 45 degrés. Au voisinage du col, elle s'accroît soudainement et atteint 60 degrés. Puis, graduellement, sur le versant méridional, elle augmente encore, jusqu'à une valeur moyenne de 70 ou 75 degrés, qu'elle conserve longtemps. Près du Passo Tonale, les assises, enfin, deviennent verticales, et la faille qui les sépare de la tonalite est verticale aussi.

Dans cette traversée du col de Gavia, on passe peu à peu du système des phyllades *P* au système des gneiss *G* ; mais, ainsi que je l'ai dit plus haut, il n'y a pas, entre les deux systèmes, de démarcation précise. Le faciès Casanna (schistes luisants, mous, sans mica noir, finement cristallisés) persiste jusqu'aux environs du refuge de Gavia ou, ce qui revient au même, jusqu'à la zone qui va du Monte Gavia à la Punta San Matteo. Dans la zone immédiatement au sud de celle-ci, c'est-à-dire au col même de Gavia et dans la Punta della Sforzellina, il y a encore beaucoup de schistes analogues ; mais déjà ils s'associent à des micaschistes plus durs, où l'on distingue nettement un peu de mica noir, et où le mica blanc est largement cristallisé. Sur le versant méridional du col, les micaschistes prennent bientôt la prépondérance. Vers la Baita di Gaviola, ils contiennent grenat et staurotide. Les bancs de gneiss fin apparaissent et deviennent de plus en plus fréquents. Il y a aussi des amphibolites, rares d'une façon générale, mais exceptionnellement très abondantes aux environs de Santa-Appolonia (point 1580 de la carte italienne à 1/75000). Sur Pradazzo, dans les escarpements de la Cima di Cajone, on observe un banc de cipolin, identique d'aspect aux cipolins de Bormio et de Laas.

La direction de ces terrains cristallophylliens est à peu près constante et voisine de nord-est. Entre Santa-Caterina et le col de Gavia, la direction moyenne est à peu près nord-45°-est ; elle devient nord-60°-est entre le col de Gavia et Ponte-di-Legno, et garde cette valeur jusqu'au Passo Tonale.

On n'observe ni pegmatite, ni aplites, sur le chemin du col de Gavia ; mais, dans le fond de la vallée de l'Oglio Fridolfo, il y a beaucoup de blocs épars d'une belle pegmatite, tombés de la Cima

Monticelli. L'amas de pegmatite est visible de très loin, tout blanc au milieu des gneiss noirâtres.

Du confluent de l'Oglio Fridolfo et de l'Oglio Frigidolfo, sous le village de Pezzo, on a une vue admirable, vers l'est, sur l'arête déchiquetée qui joint le Monte Tonale à la Punta di Ercavallo. La plongée des gneiss est observable sur plusieurs centaines de mètres de hauteur ; et l'on voit cette plongée diminuer peu à peu dans chaque assise au fur et à mesure qu'augmente l'altitude. Il n'y a pas de plus bel exemple de structure isoclinale, avec déversement progressif de bas en haut. J'ai essayé de traduire ce phénomène dans le dessin de la figure 13.

La route du Tonale, entre Ponte-di-Legno et le Passo, est tout entière dans les gneiss, toujours dirigés nord-60°-est, et plongeant de 70 à 90° vers le sud, avec, çà et là, des repliements brusques. Ici, les veines d'aplite abondent, ainsi que les bancs d'amphibolites et les bancs de cipolins. Il y a une grosse masse de ces marbres, bien visible du col, dans le Monte Serotine : ce sont des marbres rubanés, gris et blancs, tout à fait semblables à ceux de Bormio, en assises presque verticales. La masse se prolonge, à l'ouest, dans la Cima Sorci, puis elle finit en pointe au-dessus des lacets de la route.

Au sud du Passo Tonale, brusquement, la scène change, et la tonalite apparaît.

Le pays tonalitique diffère beaucoup du pays gneissique que je viens de décrire, par la blancheur des roches, par la hardiesse plus grande des formes, par la roideur des pentes et des escarpements, enfin par une sorte d'homogénéité, un aspect massif, que le pays gneissique ne présente à aucun degré. On sait que, cette région tonalitique, c'est le massif même de l'Adamello ¹.

La limite des gneiss et de la tonalite est une surface sensiblement verticale dont la direction, près du Passo Tonale, est d'environ nord-70°-est. Son affleurement, marqué, dans les contreforts, par une série de petites brèches, passe à 1 kilomètre environ au sud du col. On le suit vers l'ouest, par la Costa Casamadre (un peu au sud

1. Voir les deux Notes déjà citées (p. 244 et 260) de M. W. SALOMON, et en outre, du même auteur : *Geolog. u. petrogr. Studien am Monte-Aviolo; Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch.*, 1890, p. 450-556. — *Neue Beobachtungen aus den Gebieten der Cima d'Asta und des Monte Adamello; Tschermak's Mitteil.*, XII, 1891, p. 408-415. — *Geologisch-petrographische Studien in Adamellogebiet; Sitzungsber. der k. pr. Akad. d. Wissensch. zu Berlin*, 1896, p. 1033-1048. — *Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitischkörnigen Massen; Tschermak's Mitteilungen; neue Folge*, XVII, 1897, p. 109-284.

I. Le dessin s'arrête au bord du massif tonalitique et ne va pas jusqu'à la Presanella. Le lecteur est prié de juxtaposer, par la pensée, les deux parties du profil : celle d'en haut à gauche, celle d'en bas à droite.

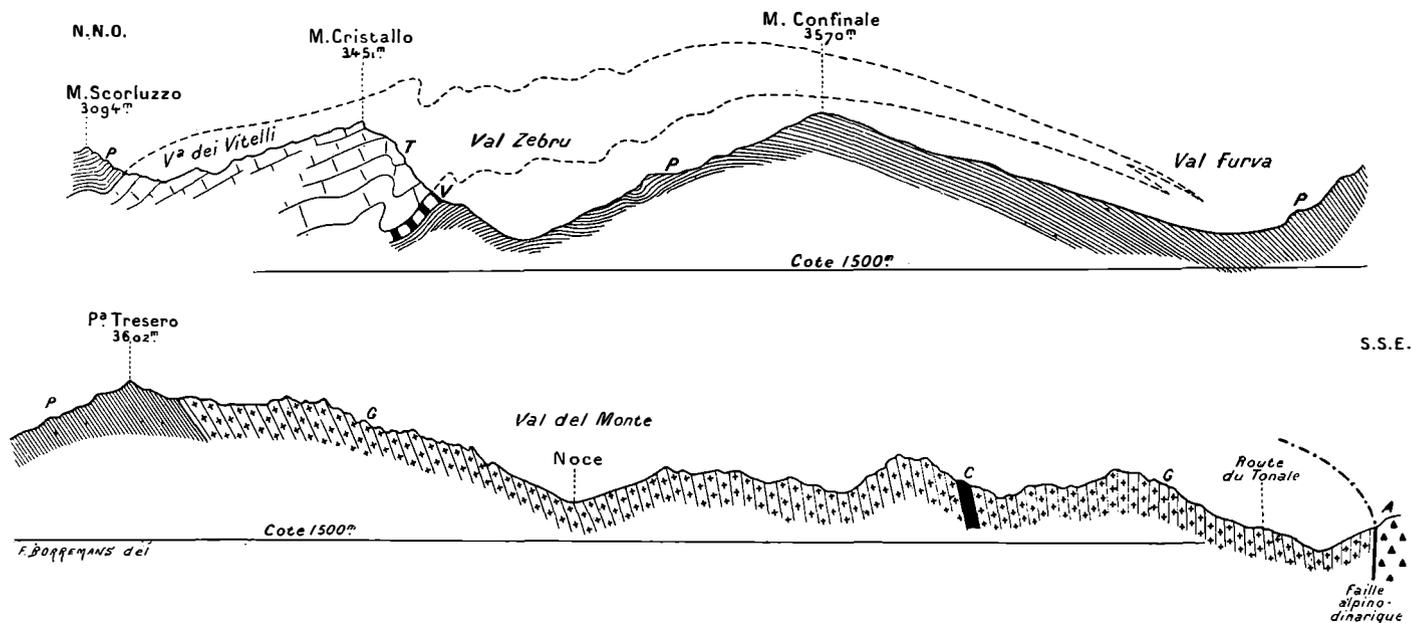


Fig. 14. — Coupe du Monte Scorluzzo (près du col du Stelvio) à la Cima Presanella (du massif de l'Adamello), par le Confinale, et la Punta Tresero. — Echelle : 1/100 000.

G, Vieux gneiss (Tonaleschiefer de M. Salomon), avec micaschistes, amphibolites, amas de pegmatite et bancs de cipolins; C, cipolins (Weisermarmor de Theobald); P, phyllades quartzeux (Casannaschiefer de Theobald), et gneiss porphyroïdes subordonnés; V, Verrucano; T, calcaires du Trias (Ortlerkalk), avec dolomies, cargneules, gypse, marbres phylliteux et quartzites; A, tonalite de l'Adamello, y compris les *Tonalitgneiss* et les *Quarzlagenphyllite* de M. Salomon. — Entre le Cristallo et le Confinale, on voit la large voûte que forme le système des plis couchés (comparer avec la figure 13). Plus au sud, s'étend la *zone des racines*. J'ai marqué hypothétiquement, au-dessus du Val Furva, la terminaison probable du synclinal triasique de l'Ortler, et, tout à droite, l'incurvation probable, pardessus la route du Tonale, de la faille alpine-dinarique.

du point 2283), le versant nord de la Cima dell' Aola, le Monte Casola (un peu au nord du sommet 2339), le point 2305 au sud-est du Monte Calvo, enfin un point de l'arête du Monte Aviolo situé à quelques centaines de mètres au nord du point 2560. Le prolongement de cette ligne conduit à Edolo et au col d'Aprica. C'est la *Tonalelinie* de M. Salomon. Je ne l'ai pas suivie à l'est du Passo Tonale, et je renvoie, pour l'exact tracé du prolongement oriental, aux Notes et aux Mémoires de ce géologue.

Comme l'a nettement montré M. Salomon (dès 1891), la *Tonalelinie* est l'affleurement d'une grande faille. Le contact des gneiss et de la tonalite est un contact anormal, et il y a partout, le long de ce contact, une zone de *roches broyées*. L'accident se prolonge, vers l'est, jusqu'à la région étudiée par M. W. Hammer. Là, il se soude à la *ligne giudicarienne* ; et, désormais, son tracé est celui qu'a indiqué, en 1892, M. Frech¹. Avant que d'avoir vu de mes yeux la *Tonalelinie*, j'ai annoncé² qu'elle ne devait point différer du *bord alpino-dinarique*, c'est-à-dire de la *surface de charriage* qui sert de limite entre les Dinarides et les Alpes. Je suis maintenant tout à fait convaincu de l'exactitude de cette manière de voir : c'est bien aux Dinarides qu'appartient le massif de l'Adamello, et la *surface de charriage* qui sépare les Alpes des Dinarides a pour affleurement, dans cette région, la *Tonalelinie*.

La figure 14 est une coupe du nord-nord-ouest au sud-sud-est, passant à quelques kilomètres au nord-est de la précédente (fig. 13), et tranchant les hautes cimes du Scorzuzzo (près du col du Stelvio), du Cristallo (au-dessus de Bormio), du Confinale, et de la Punta Tresero. Si on la prolongeait un peu vers le nord-ouest, c'est-à-dire vers la gauche, elle atteindrait le Piz Umbrail, et montrerait le Trias reposant sur les phyllades du Scorzuzzo, et les phyllades du Piz Chazfora reposant, à leur tour, sur le Trias de l'Umbrail.

Dans l'ensemble, les calcaires triasiques du Monte Cristallo plongent, de 20 à 30 degrés en moyenne, vers le nord-ouest. Mais, dans le détail, ils sont parfois violemment contournés, et c'est ce que j'ai voulu indiquer, schématiquement, dans mon dessin. Ces contournements sont visibles aussi dans les phyllades du Val Zebrù. Ils ont induit en erreur M. W. Hammer, et l'ont amené à penser que le Trias est discordant sur les phyllades³. Il est bien possible qu'en un point exceptionnel il y ait une discordance angulaire appréciable entre les assises triasiques et les Casannaschiefer :

1. F. FRECH. Die Tribulaungruppe am Brenner in ihrer Bedeutung für den Gebirgsbau. *Richthofen-Festschrift*, Berlin, 1893.

2. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 745 et 754.

3. W. HAMMER. *Loc. cit. Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1902, p. 320-330.

toutes les régions de plis couchés montrent, çà et là, de ces discordances locales d'origine mécanique. Pour moi, partout où j'ai vu le contact des phyllades et du Verrucano, ou du Verrucano et du Trias — et je l'ai observé en bien des points —, je n'y ai vu qu'une parfaite concordance.

Le sommet du Confinale est formé de phyllades presque horizontaux, ou faiblement ondulés, ou encore plongeant faiblement vers le sud-est. Mais la plongée augmente assez vite dans le Val Furva. Elle atteint une valeur moyenne de 45 degrés dans le massif de la Punta Tresero, se roidit peu à peu dans le Val del Monte, et dépasse 70 degrés dans les montagnes au nord de la route du Tonale. Sur le passage de la coupe, la faille alpino-dinarique est sensiblement verticale, comme dans la coupe de la figure 13.

La tectonique générale du massif de l'Ortler est désormais évidente, et il n'y a, pour la comprendre, qu'à rapprocher les coupes des figures 8, 10, 11 et 12, des coupes des figures 13 et 14. Les plis couchés superposés (trois au moins), que l'on voit dans les six premiers profils, *se recourbent en voûte* par dessus le Monte Sobretta et le Confinale ; et, n'était l'érosion trop avancée, on les verrait, dans les deux derniers profils, s'enraciner, au sud de cette voûte, dans le sein des montagnes où l'Oglio et la Noce prennent leurs sources.

Les plis couchés du massif de l'Ortler sont donc des nappes, tout comme les plis couchés de la région du Brenner. Et ces nappes viennent du sud, comme les nappes de la région du Brenner viennent du sud. Grâce à la forte plongée, vers le nord-ouest, de tout le système de nappes au nord de la voûte Sobretta-Confinale, trois nappes, au moins, sont visibles entre Bormio et l'Adige. L'une de ces nappes (nappe de l'Umbrail) se prolonge *visiblement* jusqu'au bord de l'Engadine, je veux dire jusqu'aux escarpements du Pisoc et du Lischanna ; et là, elle supporte des témoins d'une nappe plus haute, qui est la nappe du Piz Chazfora.

La continuité des nappes de la Basse-Engadine et des nappes de l'Ortler est indubitable. Dès lors, les nappes de la Basse-Engadine viennent du sud, de même que toutes les nappes de la région située au nord du Brenner. On aperçoit, d'ores et déjà, simple, claire, lumineuse même, la structure d'ensemble que j'ai timidement esquissée l'année dernière.

Il reste cependant, pour dissiper les derniers doutes, à montrer comment la région du Brenner se raccorde au massif de l'Ortler, et à faire voir que la voûte Sobretta-Confinale n'est autre chose que la voûte des Hohe Tauern. Ce sera l'objet du troisième chapitre.

III

**LES PHÉNOMÈNES TECTONIQUES SONT CONTINUS
DU BRENNER A L'ORTLER, ET LA VOUTE SOBRETТА-CONFINALE
SE PROLONGE PAR LA VOUTE DES HOHE TAUERN**

J'ai poussé ma description de la région du Brenner, au sud, jusqu'à la plaine de Sterzing; et j'ai étendu ma description du massif de l'Ortler, au nord-est, jusqu'au Martelltal, et même, pour la bande des marbres de Laas, jusqu'à Tomberg, dans la vallée de l'Adige. Voyons à combler la lacune, d'environ 80 kilomètres, qui sépare ces deux contrées désormais connues. Cette lacune, ce pays intermédiaire, ce sont les montagnes entre le Martelltal et le Val di Sole, puis les montagnes entre l'Adige et l'Ultental; ce sont ensuite les montagnes du Passeiertal et du Ratschingstal, c'est à dire le bord sud de l'Ötztalergruppe et la partie nord des Sarntaleralpen ¹.

Tout ce pays est formé de gneiss et de micaschistes. Le Trias n'y apparaît que sous la forme d'un mince synclinal, discontinu, qui commence dans le massif du Weisshorn, au nord de Pens, et se continue, à travers le Hühnerspiel et le Zinseler, jusqu'à Mauis. C'est le pli dit du Penser Joch, bien qu'il passe à une assez grande distance au nord de ce col. M. Teller, qui l'a signalé dès 1881 ², y a, près de Mauis, trouvé des *Dactylopores*; et l'âge triasique de ces assises calcaires n'est pas contestable. Le faciès du Trias en question est identique à celui du Trias de l'Ortler et de l'Umbrail: calcaires, dolomies, marbres phylliteux, schistes versicolores, satinés et luisants, quartzites ³. Le métamorphisme y est peu avancé, certainement beaucoup moins avancé que dans le Trias des Tribulaun.

1. Carte de l'Etat-Major autrichien, à l'échelle de 1/75 000; feuilles suivantes: zone 19, colonne III, Glurns und Ortler; zone 19, colonne IV, Meran; zone 20, col. IV, Cles; zone 18, col. IV, Sölden und St-Leonhard; zone 18, col. V, Sterzing und Franzensfeste.

2. F. TELLER. *Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt*; 1881, p. 69-74.

3. A Mauis, sur le bord méridional du synclinal en question, il y a des phyllades semi-métamorphiques, fort semblables au Verrucano de la Valtelline, et qui sont sans doute du même âge (Permien). M. Becke, qui mentionne ces phyllades dans le *Livret-guide du Congrès géol. internat. de Vienne*, m'a montré leurs affleurements, sur la route de Mauis, au cours de l'excursion VIII du même Congrès (1903).

Les gneiss et micaschistes ont été répartis, par MM. Stache¹ et Teller², entre deux systèmes, dont la démarcation est d'ailleurs très imprécise : le Gneisphyllitgruppe, et le Kalkphyllitgruppe.

Le Gneisphyllitgruppe, ce sont les *vieux gneiss* du Val Camonica, du Passo Tonale (Tonaleschiefer de M. Salomon), du Val di Rabbi (Ed. Suess³), de l'Ultental (W. Hammer⁴), de Meran, de St-Leonhard⁵. On les suit, au nord-est, par la Hochwartspitze, le Weisshorn et le Zinseler, jusqu'à la vallée de l'Eisack. Ce sont eux qui encaissent le Trias de Mauls. Ce sont eux encore que nous avons vus, à Sprechenstein, près de Sterzing, confiner au Trias du type Tribulaun, et confiner presque aux Schistes lustrés. On peut aller du Passo Tonale à Sprechenstein sans cesser de marcher sur ces gneiss (sauf la traversée, près de Meran, de la vallée de l'Adige).

Le Kalkphyllitgruppe, ce sont les micaschistes (fréquemment grenatifères, quelquefois riches en staurotide, souvent mêlés d'amphibolites, et toujours associés à des gneiss) qui accompagnent les marbres de Laas au sud de l'Adige, et que l'on retrouve, au nord de l'Adige, accompagnant les marbres du Pfelderstal et du Ratschingstal. J'ai dit, au chapitre précédent, que les marbres de Bormio, du Monte Vallacetta, et du Monte Sobretta, me semblaient prolonger (avec un hiatus de quelques kilomètres dans le haut Laasertal) les marbres de Laas. Il y aurait là une raison de croire que le Kalkphyllitgruppe passe, *latéralement*, à une partie des Casannaschiefer, tandis qu'il s'enfonce sous la partie haute de ces mêmes phyllades. J'ai dit aussi que M. Becke a assimilé le Kalkphyllitgruppe aux terrains de la *Greinerscholle* du Zillertal. Mes observations personnelles concordent entièrement avec cette manière de voir. Rien ne ressemble plus aux marbres du Ratschingstal, de Laas et de Bormio, que les cipolins, mêlés aux amphibolites, que j'ai observés, en 1903, sous la conduite de M. Becke, vers la pointe

1. G. STACHE. Notes déjà citées ; *Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1876, 1878, 1879, 1880.

2. F. TELLER. Notes sur l'Étztalergruppe ; *Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt*; 1877, p. 231-235 ; et 1878, p. 64-66.

3. ED. SUESS. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1865, p. 207.

4. W. HAMMER. Die krystallinen Alpen des Ultentales. I. Das Gebirge südlich der Faltschauer. *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt*. 1902, Bd. LII, p. 105-134. Le Mémoire débute par une description pétrographique des gneiss et des roches subordonnées. La deuxième partie de ce Mémoire de M Hammer, relative aux montagnes situées au nord de la Faltschauer, vient de paraître (*ibidem*, LIV Bd., 1904, p. 591-576) : elle renferme aussi une description pétrographique et un court chapitre de tectonique.

5. U. GRUBENMANN. *Anzeiger der Akad. d. Wissensch. Wien ; math. nat. Kl.* ; 1896, II, p. 21 ; 1897, II-III, p. 11 ; 1898, III, p. 16.

orientale de la *Greinerscholle* (Rosskar). Quoiqu'il en soit, je suis, comme mes collègues d'Autriche, très convaincu que les marbres du Ratschingstal sont les équivalents des marbres de Laas; convaincu aussi que les micaschistes du Ratschingstal ne sont point différents de ceux du Ridnauntal, et que les uns et les autres sont identiques aux micaschistes du Roskopf, près de Sterzing.

Ces deux systèmes cristallophylliens, dont la séparation est, encore une fois, très indécise, sont formés d'assises antérieures au Permien supérieur (Verrucano). C'est tout ce que l'on peut dire de certain au sujet de leur âge¹.

De même que M. Salomon s'est demandé si les cipolins, enclavés dans les gneiss du haut Val Camonica, ne sont pas du Trias métamorphique², je me suis à moi-même posé la question de l'âge des marbres de Laas et du Ratschingstal. Mais, sans être arrivé à une certitude complète à cet égard, *je tiens pour infiniment vraisemblable que les marbres en question sont, bien réellement, et stratigraphiquement, liés aux micaschistes qui les enclavent, et qu'ils ne sont point triasiques*. Cette opinion est fondée sur deux arguments. D'abord, l'observation attentive des contacts, dans la gorge dite *Gilfenklamm*, au débouché du Ratschingstal³, montre une liaison du marbre et du micaschiste, trop intime pour qu'on la puisse croire accidentelle. Ensuite, les marbres en question ne ressemblent, pétrographiquement, ni au Trias de l'Ortler et de Mauls (peu métamorphique), ni au Trias des Tribulaun (beaucoup plus métamorphique), ni au Trias du Wolfendorn (Hochstegenkalk, très métamorphique) : alors que, d'après leur position dans le système des nappes, ils devraient, s'ils étaient du Trias, offrir un faciès intermédiaire entre le faciès Ortler et le faciès Tribulaun.

La tectonique générale de tout ce pays de gneiss était jusqu'ici fort peu connue. Les Notes de G. Stache sont presque muettes à cet

1. Du moins pour la région dont je traite ici. A l'est de l'Eisack, les *vieux gneiss* se prolongent; et ils semblent se relier, sans hiatus, aux gneiss des Alpes de Styrie, dont l'antériorité au Dévonien n'est pas douteuse. Mais le Kalkphyllitgruppe, qui ne se prolonge pas à l'est de l'Eisack, peut être beaucoup plus jeune, et j'incline à y voir un faciès métamorphique du Permo-Houiller.

2. Voir plus haut, p. 244.

3. Quand on vient du nord, dans le *Gilfenklamm*, on trouve d'abord des micaschistes fissiles; puis un banc, épais de 20 ou 30 mètres et continu sur plus d'un kilomètre, d'une pegmatite à très grands cristaux; puis 20 ou 30 mètres de micaschistes et de gneiss fins. Au delà, il y a un premier banc de marbre, épais de 0 m. 50 à 1 m., puis un lit de micaschistes fissiles, épais de quelques décimètres à 1 mètre, et enfin la grande masse de marbre, puissante ici de plus de 300 mètres. Les assises sont presque verticales.

égard. Celles de M. Teller sont beaucoup plus précises, et l'on y trouve le premier essai d'une analyse de la structure des Alpes de l'Ëtztal; mais elles ne s'occupent point de la région qui est au sud de l'Adige. Les Notes de M. Grubenmann, très intéressantes, sont malheureusement trop brèves, et elles ne sont relatives qu'à l'Ëtztalergruppe. Le Mémoire de M. W. Hammer sur l'Ultental, accompagné de seize profils en travers, renferme beaucoup d'observations intéressantes; mais l'auteur n'a pas eu le loisir de pousser ses études dans le massif même de l'Ortler, où il aurait, sans nul doute, trouvé la clef du problème; et il n'a pas cherché davantage à raccorder aux plis de l'Ultental les plis des Sarntaleralpen. On avait, somme toute, de bons travaux analytiques, mais aucune indication précise sur l'ensemble de la structure.

Voyons d'abord comment est limité au sud-est le pays en question.

La grande faille que j'ai appelée *faille alpino-dinarique*, et dont l'affleurement n'est autre que la *Tonalelinie* de M. Salomon, se poursuit, au nord-est du Passo Tonale, et s'en va rejoindre, près de Dimaro, la *faille giudicarienne* (*Judicarienlinie*). Au nord de Dimaro, elle coupe obliquement le faisceau des plis de la région gneissique, c'est à dire la zone des racines des nappes de l'Ortler, de telle sorte que la largeur de cette zone de racines diminue rapidement quand on va du sud-ouest au nord-est, c'est-à-dire du Passo Tonale à Meran ¹.

En d'autres termes: si l'on considère les plis isoclinaux, très redressés, que j'ai décrits au nord du Passo Tonale, ces plis se prolongent tous vers le nord-est, mais inégalement loin.

Les plus septentrionaux dépassent l'Adige, et dépassent aussi l'Eisack; les plus méridionaux sont coupés en sifflet par le bord alpino-dinarique. Tandis que la zone de ces plis quasi-verticaux est large d'une vingtaine de kilomètres entre l'Adamello et l'Ortler, elle n'a plus, à Meran, que huit kilomètres de largeur, tout au plus. A partir de Meran, la faille alpino-dinarique redevient, en moyenne, parallèle aux plis des gneiss. La largeur de la zone des plis quasi-verticaux est dès lors à peu près constante jusqu'à Mauls. Je ne l'ai pas suivie plus loin.

Le défaut de parallélisme de la Tonalelinie et des axes des plis gneissiques est très sensible au Passo Tonale, où la discordance

1. W. HAMMER. *Loc. cit.*, p. 119. — « Der Ulten-Sulzberger Gebirgskamm « stellt einen in der Richtung von S O nach N W in Falten gelegten Teil der « Erdrinde dar. Das vorherrschende Streichen der Faltenzüge ist demnach « NO-SW. Gegen Osten und Südosten ist das Falten-system durch eine « grosse Bruchlinie, die Judicarienlinie, abgeschnitten. »

de direction est d'une dizaine de degrés; plus sensible encore dans le Val Camonica, entre Ponte-di-Legno et Edolo, où la discordance est, en moyenne, d'une vingtaine de degrés. Dans cette région Tonale-Edolo, les gneiss sont nord-est, ou nord-60°-est, et la Tonalelinie varie de nord-70°-est à nord-80°-est. Dans le Val di Sole (Sulzberg), les directions se rapprochent jusqu'à se confondre. Puis, après la jonction de la Tonalelinie à la ligne giudicarienne, vers Dimaro, la discordance se produit en sens inverse : les gneiss gardent leur même direction nord-est, et le bord alpino-dinarique¹, par Bevia, Monte-Pin, le Calvat, Laugenhof, prend une allure, un peu sinueuse, comprise entre le nord-30°-est et le nord-10°-est. En de certains points, et sur de faibles parcours, il va même du sud au nord.

Au delà de l'Adige, le bord alpino-dinarique met de nouveau en contact les gneiss et la tonalite, comme le long de l'Adamello. On suit ce bord, sans aucune difficulté, dans le versant occidental de l'Iffinger², jusqu'au Plattenjoch. A ce col, il s'infléchit brusquement vers l'est et s'en va passer près de Pens (direction nord-60°-est). Puis, il reprend la direction nord-30 à 45°-est, et, par le versant nord de la Tatschspitze et l'Eggental, aboutit à Mauis. A Mauis même, la direction est voisine de nord-50°-est, et sensiblement parallèle à celle du synclinal triasique.

Ainsi, la direction du bord alpino-dinarique (Tonalelinie, Judicarienlinie), est sinueuse. La direction des gneiss quasi-verticaux, au nord de ce bord, est, sinon tout à fait constante, au moins bien plus régulière; elle ne varie guère que de nord-45°-est à nord-60°-est, sur un parcours de plus de cent kilomètres, et les variations, quand il y en a, sont toujours lentes et graduelles. Cette différence d'allure est telle que les deux phénomènes tectoniques, formation

1. W. HAMMER. *Loc. cit.*, Mémoire de 1902, p. 119. Dans cette partie de son parcours, le bord alpino-dinarique met en contact les terrains secondaires et les gneiss.

2. La tonalite de l'Iffinger, qui est exploitée à Grasstein (vallée de l'Eisack), est presque identique à la tonalite de l'Adamello. Au contraire, le sommet de la Tschigotspitze, au nord-ouest de Meran, est fait d'un granite à orthose, très riche en alcalis, et *entièrement différent*. Et cependant, de la Tschigotspitze à l'Iffinger, il n'y a que quinze kilomètres de distance. Mais, entre les deux, il y a la faille alpino-dinarique. Ici, comme partout, le contraste est saisissant entre les Alpes et les Dinarides; et, de part et d'autre de la faille, ce sont deux mondes dissemblables. Pour le bord occidental de l'Iffinger, consulter U. GRUBENMANN. Ueber den Tonalitkern des Iffinger bei Meran (Südtirol). *Festschrift d. naturforsch. Gesellsch.*, Zürich, 1896, p. 349-352. E. KÜNZLI. Die Contactzone um die Ulten-Iffingermasse bei Meran; *Tschermak's Mitteil.*, XVIII, 1899, p. 412.

des plis et formation de la faille, ne peuvent pas être considérés comme étant du même ordre. *La faille alpino-dinarique n'est pas, comme l'indiquait, en 1892, M. Frech, un pli exagéré : elle semble être indépendante des plis, qu'elle coupe au hasard, et indifféremment. Qu'est-ce donc, si ce n'est pas un pli exagéré ? Ce ne peut être qu'une faille d'affaissement, ou bien une surface de charriage.*

Sur plus de 350 kilomètres de longueur, les Alpes sont séparées des Dinarides par une ligne parfaitement nette, sur le tracé de laquelle tout le monde est d'accord. Tout le monde est d'accord, aussi, pour voir, dans cette ligne, l'affleurement d'une surface de contact anormal, c'est-à-dire d'une faille. Et cette faille n'est pas un pli exagéré. Elle est ou bien faille d'affaissement, ou bien faille de charriage ; et, tout en étant grossièrement parallèle à la chaîne alpine, elle en coupe capricieusement les plis. Voilà le fait, définitivement établi, incontestable, qui domine toute la tectonique des Alpes orientales.

J'ai dit que, le long du bord nord de l'Adamello, près du Passo Tonale, la faille alpino-dinarique est sensiblement verticale, et que les gneiss, au nord de cette faille, sont également verticaux. Si l'on examine le détail, il y a, dans la surface de la faille et dans les assises gneissiques, des balancements de quelques degrés de part et d'autre de la verticale. Et j'ai dit aussi que, à une faible distance au nord de la faille, les gneiss se couchent vers le nord, et prennent une allure isoclinale (voir les figures 13 et 14).

Mais quand on va vers l'est, en descendant le Val di Sole, on constate que, peu à peu, la faille alpino-dinarique cesse d'être verticale et prend une inclinaison *vers le nord*. En même temps, les gneiss situés au nord de la faille, *et qui sont bien les prolongements des gneiss isoclinaux* du Monte Tonale et du Val del Monte, cessent d'être isoclinaux. Ou bien ils sont verticaux, ou bien ils plongent, très fortement, *les uns vers le sud, les autres vers le nord*. Et ce sont ces *hésitations* dans le déversement qui, en 1865, ont conduit M. Ed. Suess à parler de *l'éventail de Le Mandria*, et qui, en 1902, ont égaré M. Hammer à la poursuite de synclinaux et d'anticlinaux trompeurs. Les plis *hésitants* du Val di Rabbi et de la chaîne au sud de l'Ultental¹ sont *les mêmes* que les plis *isoclinaux* des fig. 13 et 14 ; et l'on ne peut nullement se fier au sens du plongement des assises pour essayer d'y démêler ce qui est synclinal de ce qui est anticlinal. Tout ce que nous savons sur

1. Voir les profils donnés par M. W. Hammer dans le Mémoire déjà cité (*Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt* ; 1902, p. 122-125).

cette région, c'est qu'elle est une zone de plis *très redressés*, ou, ce qui revient au même, une zone de racines, *devenue hésitante*, d'isoclinale qu'elle était. Au sud de cette zone hésitante, la faille alpino-dinarique plonge constamment vers le nord-ouest, et son inclinaison descend jusqu'à 60 degrés (W. Hammer).

Nous arrivons ainsi à l'Adige, suivant toujours, simultanément, la faille alpino-dinarique, qui, peu à peu, se redresse, et la zone de plis quasi-verticaux qui va se rétrécissant graduellement. *Dans le bas Ultental*, les *hésitations* des plis quasi-verticaux disparaissent, et tous les gneiss, sur la rive gauche de la Faltschauer, dans le Larchbühel, à Marling, à Meran, plongent de 70 ou 80 degrés *vers le nord-ouest* : c'est-à-dire que la série *hésitante* redevient isoclinale, *mais en sens inverse de son isoclinnalité primitive*.

Au delà de Meran, dans le Passciertal, ces conditions persistent. Le long de l'Ininger, la faille alpino-dinarique est verticale. Au Plattenjoch, elle plonge *au nord-ouest*, d'environ 70 degrés. Quant aux gneiss, ils sont isoclinaux et plongent tous *vers le nord-ouest*, sous un angle un peu variable, dont la moyenne est également voisine de 70 degrés.

Même chose encore dans les montagnes entre la Passer et l'Eisack. De St-Leonhard à Mauis, par la Hochwartspitze, le Weisshorn, le Hühnerspiel, le Zinseler, on suit la zone des gneiss quasi-verticaux, *la même toujours*, enrichie, à partir du Weisshorn, d'un synclinal de Trias : et ces gneiss sont isoclinaux, avec une plongée nord-ouest ou nord, qui descend parfois à 60, et même, localement et exceptionnellement, à 45 degrés. La valeur moyenne de l'inclinaison est encore voisine de 70 degrés. Quant à la faille alpino-dinarique, elle est fréquemment verticale. Près du Penserjoch, elle plonge au nord, à peu près comme les gneiss.

Et cela nous conduit jusqu'à l'Eisack, c'est-à-dire jusqu'à Sprechenstein. La série isoclinale coupée par l'Eisack entre Sprechenstein et Mauis, et dont j'ai dit, au premier chapitre de ce mémoire, qu'elle est le lieu des racines des nappes du Brenner, cette série, dis-je, est l'équivalent tectonique de la série isoclinale du Monte-Tonale, lieu des racines des nappes de l'Ortler. Désormais, la liaison est faite et tout s'éclaire.

Si l'on continuait, vers l'est, la poursuite de la zone, on ne tarderait pas, d'après les observations de MM. Teller et Löwl, à voir les gneiss se redresser, redevenir verticaux, *hésiter*, puis prendre la plongée inverse (plongée sud). *La zone isoclinale à plongement nord, comprise entre le bas Ultental et l'Eisack, se prolonge des deux côtés, à l'ouest comme à l'est, par une zone isoclinale à*

plongement sud. Le plongement nord résulte donc d'un *chavirage* régional de la zone, je veux dire d'un mouvement de bascule postérieur à la formation des nappes. Nous prenons ici sur le vif, si j'ose parler de la sorte, la naissance de *la structure en éventail*.

Il ne reste plus, pour établir la continuité des phénomènes tectoniques entre l'Ortler et le Brenner, qu'à montrer le raccordement de la voûte Sobretta-Confinale (par laquelle les plis isoclinaux de Gavia et du Val del Monte deviennent les nappes de l'Ortler) et de la voûte des Hohe Tauern (par laquelle les plis isoclinaux de Sprehenstein et de Windisch Matrei deviennent les nappes du Brenner). Rien ne sera démontré, ni expliqué, tant que ce raccordement ne sera pas certain.

La voûte Sobretta-Confinale (fig. 13 et 14) se prolonge visiblement dans le Cevedale et dans le massif de la Veneziaspitze. Les profils de M. Hammer¹ la montrent ensuite passant dans la partie haute du Val di Rabbi, puis vers le débouché du Kirschbergertal, et prenant en écharpe le versant méridional du Hasenohr. Au nord de cet axe s'étend une région où les assises cristallines sont fréquemment horizontales : c'est un pays de *plateures ondulées*, et c'est le commencement du pays de nappes (Eggenspitzen, Zufrittspitze, Tuferspitze, Hasenohr). A l'est du Hasenohr, la *zone de plateures* se prolonge dans l'arête même du Hochwart, toujours d'après les coupes de M. Hammer ; mais elle va se rétrécissant graduellement jusqu'à n'avoir plus, vers le Marlinger Joch, que quelques centaines de mètres d'épaisseur, entre deux zones de gneiss quasi-verticaux qui sont les *piédroits* de la voûte. Du Marlinger Joch à Töll, la voûte, jalonnée toujours par des gneiss horizontaux (ou ondulés), se rétrécit encore. A l'ouest de cette voûte, près de Töll, les gneiss, très inclinés, se balancent de part et d'autre du plan vertical ; à l'est, ils plongent uniformément vers le nord-ouest, sous un angle d'environ 80 degrés. C'est le *renversement vers le sud*, dont j'ai déjà parlé, et qui affecte, non seulement la zone des racines, mais la voûte même du paquet de plis. La bande de gneiss horizontaux est observable à Töll même, où l'Adige la traverse dans un défilé resserré (pont de Töll). Immédiatement à l'est du pont, les gneiss reprennent la quasi-verticalité, avec plongement au nord-ouest.

Pour voir que la chaîne Zufrittspitze-Hochwart correspond à l'incurvation, et au déversement, jusqu'au delà de l'horizontale, des plis gneissiques du Val di Rabbi et des montagnes au sud de

1. W. HAMMER. *Loc. cit.*, Mémoire de 1902, fig. 1, 2 et 3, p. 122 et 124 ; et Mémoire de 1904, les 11 profils des pages 568, 570, 571.

la Faltschauer, il suffit de rapprocher les unes des autres les deux séries de coupes que nous a données M. Hammer, celles de 1902 et celles de 1904. Et je ne comprends pas que ce géologue n'ait pas eu tout au moins l'idée d'essayer l'interprétation que je propose ; qu'il n'ait pas été frappé du contraste tectonique des deux rives de la Faltschauer ; qu'il ait continué, après avoir dessiné des coupes si évidemment favorables à ma thèse, de trouver scandaleuse et insupportable la façon dont j'explique la géologie tyrolienne.

C'est avec la même faible largeur, *et le même renversement au sud*, que la voûte Sobretta-Confinale, la voûte du système des plis couchés, se prolonge au nord de l'Adige. Par un bon éclaircissement, dans les sombres parois et dans l'âpre crête de la Röthelspitze, on voit très bien, de la vallée de l'Adige, le raplanissement des gneiss. Tandis que, dans la Muthspitze, ils plongent de 70° au nord-ouest, ils deviennent localement horizontaux entre la Muthspitze et la Röthelspitze, et plongent ensuite, *très faiblement*, au nord-ouest, sous l'amas granitique de la Tschigotspitze. Plus au nord, dans le Spronsertal et le Valsertal, la bande des gneiss horizontaux se suit sans grande peine. Elle passe entre la Matatzspitze et St-Martin. Enfin, elle passe à St-Leonhard même. A la bifurcation des routes de Platt et de Moos, on est dans des micaschistes gneissiques à mica blanc, qui plongent de 30 degrés seulement vers le nord-ouest. C'est la bande de la Matatzspitze et de la Röthelspitze. La voûte est immédiatement au sud, dans le village même de St-Leonhard, et le long du Waltenbach. Et, dès que, marchant au sud-est, on a dépassé la voûte, on entre dans des gneiss, fréquemment porphyroïdes, qui plongent très fortement vers le nord-ouest (70° environ).

Au nord de St-Leonhard, il n'y a plus aucune difficulté à suivre la bande des gneiss (ou micaschistes) horizontaux, car elle coïncide, ou à peu près, avec un passage très commode et très fréquenté, le Jaufenpass. Elle se tient constamment au voisinage du chemin qui, du Jaufenpass, par Katsch et Untergschwent, descend à Gasteig. Au nord de l'étroite voûte, les micaschistes plongent, de plus en plus fortement, vers le nord, sous les marbres du Ratschingstal, jusqu'à devenir verticaux ; au sud, ce sont des gneiss que l'on observe, plongeant également vers le nord. A Gasteig, au débouché du Jaufental, les gneiss ont une inclinaison de 45° seulement ; mais bientôt, sur le chemin de Pens, ils se roidissent, parfois jusqu'à la verticale.

La voûte Sobretta-Confinale, la voûte du système des plis couchés, se prolonge donc, sans aucun hiatus, jusqu'à Gasteig. Là, elle se cache sous les alluvions du Mareiterbach. Mais, à moins de

deux kilomètres à l'est, *et dans le prolongement de la même direction*, la voûte des Hohe Tauern sort des alluvions et s'élève au-dessus des plaines, amenant au jour les Schistes lustrés. Sur la rive droite du Mareiterbach, au pied des pentes boisées, les gneiss quasi-verticaux se prolongent, bien observables, dirigés ici nord-60°-est, et plongeant, en moyenne, de 75° vers le nord. Entre ces gneiss et ceux de Sprechenstein, qui ont la même nature, les mêmes veinules d'aplite, la même direction, le même pendage, il n'y a pas d'autre hiatus que la vallée de l'Eisack. Or, les gneiss de Sprechenstein forment le piédroit méridional de la voûte des Hohe Tauern, comme les gneiss de Gasteig et du Jaufental le piédroit méridional de la voûte Sobretta-Confinale. La démonstration est donc faite de l'identité des deux voûtes. Entre Sterzing et Bormio, entre le Brenner et la Valteine, les phénomènes tectoniques sont continus, et la structure reste constante.

Je donne ici, à l'appui de cette étude de *continuité tectonique*¹, quelques profils en travers, schématiques, normaux aux plis des gneiss (figure 15 et 16). On y verra s'affirmer la constance de l'allure générale, à travers la perturbation, tout d'abord bien déconcertante, causée par ce mouvement de bascule, ce *chavirage* général, vers le sud, de tous les plis, entre le Val di Sole et les gorges de l'Eisack.

Les coupes des figures 15 et 16 posent deux problèmes tectoniques très importants, que je ne suis point en état de résoudre, n'ayant pas exploré l'intérieur de l'Ëtztalergruppe et n'ayant pas trouvé grand renseignement, au sujet de ce massif, dans les publications allemandes ou autrichiennes. C'est ce que j'appellerai *les deux problèmes de l'Ëtztal*.

Le premier problème est celui du tracé de la limite orientale, ou nord-orientale, des phyllades du Vintschgau. Horizontaux, ou à peu près, dans les montagnes aux formes arrondies qui dominent immédiatement, d'Eysr à Schlanders, la rive gauche de l'Adige, ces phyllades se relèvent ensuite, comme pour passer par dessus les glaciers de l'Ëtztalergruppe. C'est le relèvement général du

1. Je voudrais que ce chapitre fût un témoignage en faveur de la *méthode de continuité*, sans laquelle toute étude tectonique est, par avance, vouée à la stérilité. Il est superflu de rappeler que cette méthode est celle que nous a apprise notre cher et grand maître Marcel Bertrand, et qui restera son plus beau titre de gloire. Rien ne s'expliquera, dans aucune chaîne de montagnes, si l'on ne se donne pas la peine de *suivre* les phénomènes, ou d'observer leur graduelle transformation ; et il est parfaitement vain d'établir une coupe isolée, si l'on ne cherche pas les rapports de cette coupe avec les profils voisins.

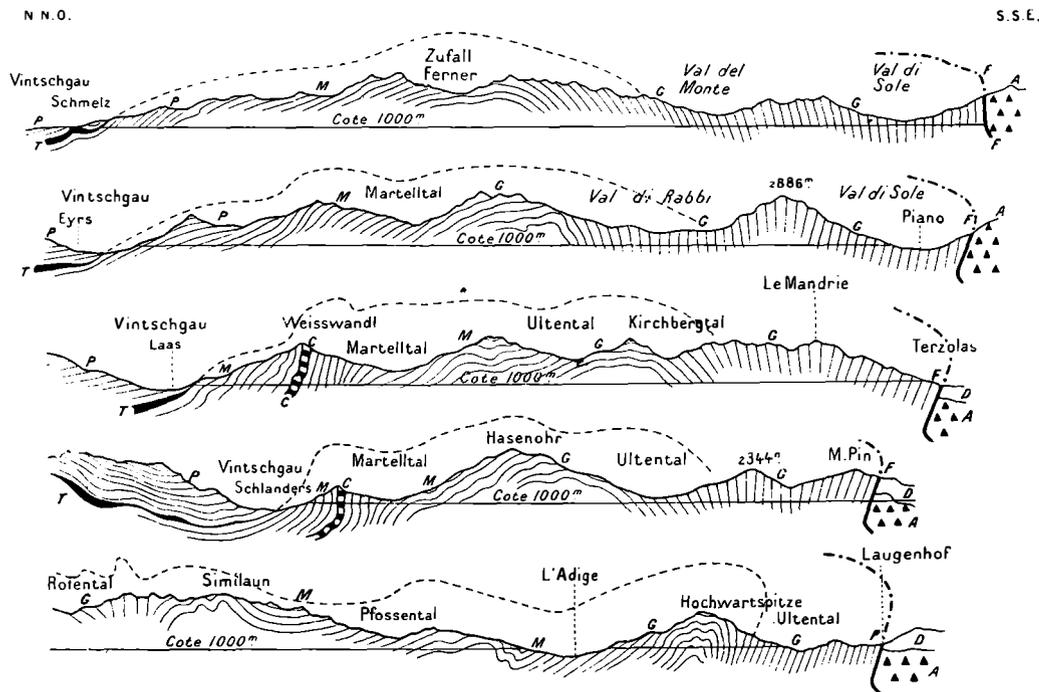


Fig. 15. — Coupes du nord-ouest au sud-est, sensiblement normales aux plis des gneiss et allant de la vallée de l'Adige (Vintschgau) à la faille alpidinarianique. — Echelle : 1/250000. G, vieux gneiss et roches subordonnées (micaschistes, amphibolites, pegmatites, cipolins); M, Micaschistes, fréquemment grenatifères, avec gneiss et rares amphibolites, enclavant les marbres de Laas (Kalkphyllitgruppe de G. Stache et F. Teller); C, marbres de Laas; P, phyllades quartzeux, avec lits de gneiss porphyroïde (Casannaschiefer de Theobald, phyllades du Vintschgau); T, Trias (synclinal de l'Ortler), visible seulement dans le premier profil; D, terrains secondaires et Permien au-delà du bord alpidinarianique; A, tonalite de l'Adamello et schistes associés à cette tonalite et modifiés par elle; F, faille alpidinarianique. — Il n'y a pas de démarcation précise entre les terrains G, M et P. On voit le rétrécissement graduel de la

zone des racines, et son graduel chavirage vers le sud-est. Les phyllades du Vintschgau reposent sur le synclinal couché de Schmelz, lequel est *probablement* celui de l'Ortler. Elles forment donc, pour moi, la base de la nappe de l'Umbrail. Ce témoin d'une nappe plus haute que la nappe de l'Ortler ne s'avance pas beaucoup dans l'Étztalergruppe. J'ai supposé, dans le cinquième profil, que cette nappe supérieure est désormais au-dessus de la surface du sol; mais comme je n'ai pas moi-même visité le Pfoessental, ce n'est là qu'une hypothèse: et peut-être bien la nappe des phyllades se tient-elle, dans ce cinquième profil, au-dessous de la surface actuelle. — Dans les deux premiers profils, la faille F n'est autre que la *Tonalinie* de M. Salomon; dans les autres, elle coïncide avec la *Judicarienlinie* de M. Suess.

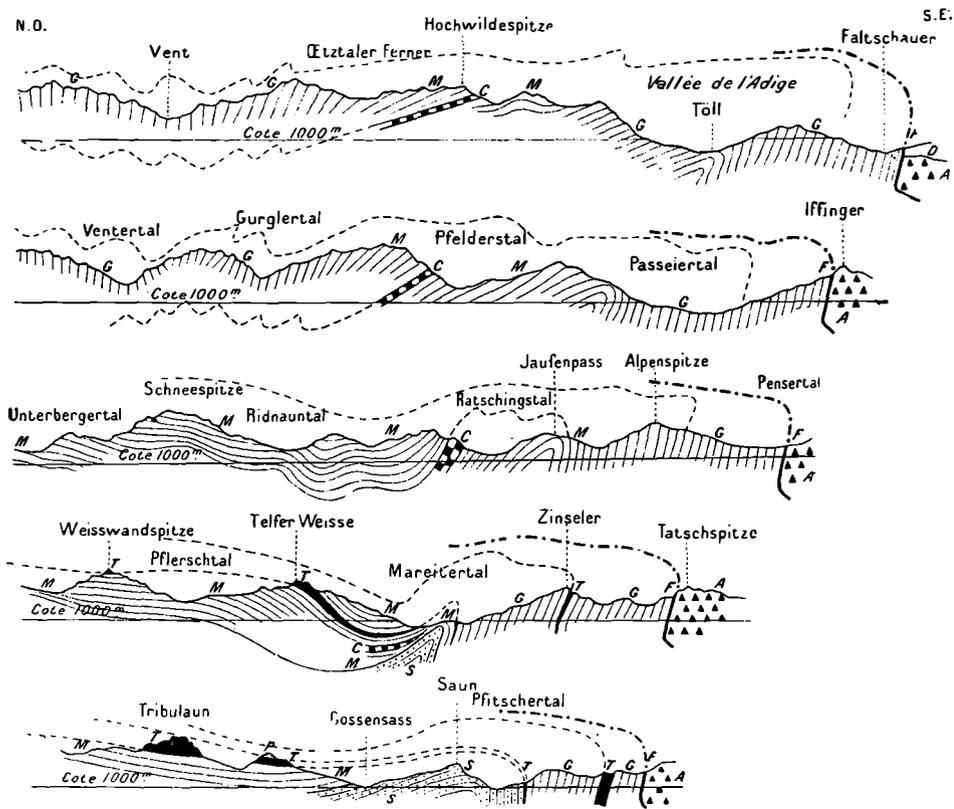


Fig. 16. — Coupes du nord-ouest au sud-est, sensiblement normales aux plis des gneiss, à travers les Sarntaleralpen, et les régions méridionales des Alpes de l'Ötztal et de Stubai.

Echelle : 1/250 000.

Même légende que dans la figure 15 et, en plus, *S*, Schistes lustrés (Kalkglimmerschiefer des Hohe Tauern). Dans les deux derniers profils, la zone des racines contient un Synclinal de Trias, qui est probablement l'équivalent, le prolongement lointain, du synclinal de l'Ortler. Avec ces deux derniers profils, nous retrouvons la région du Brenner, et l'extrémité occidentale des Hohe Tauern. La lettre *P* désigne les phyllades paléozoïques de Steinach.

système des nappes, qui, du sud-ouest au nord-est, de l'Ortler au Brenner, amène au jour des nappes de plus en plus profondes. La limite orientale des phyllades du Vintschgau, c'est, très probablement, la limite orientale de l'extension *actuelle* des témoins de la nappe du Piz Umbrail. Je ne serais pas surpris que, çà et là, le long de cette limite encore indéterminée, on trouvât, entre phyllades et gneiss, quelques débris d'une lame écrasée de Trias, équivalent du Trias de Schmelz et de l'Ortler. La chose vaut, en tout cas, la peine d'être cherchée.

Le deuxième *problème de l'Ëtzthal*, c'est, dans l'immense pays de gneiss et de micaschistes qui va du Schnalsertal aux Alpes de Stubai, la séparation de ce qui revient à la nappe des Tribulaun et de ce qui se rattache à la nappe de l'Ortler. A l'ouest et au sud-ouest des Telfer Weissen et de la Weisswandspitze, le Trias des Tribulaun semble manquer totalement ; et, pourtant, il n'est pas douteux que la nappe correspondante, *réduite aux micaschistes qui en forment la base*, après s'être courbée en une voûte plus ou moins large, ne s'enfonce à l'ouest et au sud-ouest sous les gneiss du massif de la Wildspitze, témoins, eux-mêmes, de la nappe immédiatement supérieure. Où se fait la démarcation entre les deux nappes ? C'est ce que je ne saurais dire, même d'une façon approximative.

En l'absence de la lame de Trias qui eût été le seul guide parfaitement sûr, on n'aura guère, pour essayer de résoudre ce deuxième problème, d'autre ressource que la poursuite des bandes de cipolin. Pour le moment, je ne puis faire, au sujet de ces bandes de cipolin, que les remarques suivantes.

En premier lieu, la bande de Laas, qui semble bien se poursuivre, malgré d'assez longs hiatus, jusqu'au Monte Vallacetta, près de Bormio, appartient, soit à la base de la nappe de l'Ortler, soit à une nappe inférieure. Cette bande de Laas s'arrête à Tomberg, sur la rive droite de l'Adige ; et on ne la retrouve pas sur la rive gauche.

En second lieu, la bande de l'Eisjoch, du Pfelderstal, de Moos, de la Kreuzspitze, du Ratschingstal, qui se termine en pointe près de Gasteig, fait partie des terrains de base de la nappe des Tribulaun, ainsi qu'on le voit clairement par les coupes du Ratschingstal (profils 3 et 4 de la figure 16).

En troisième lieu, M. Teller¹ a signalé le passage, au nord-ouest de la bande du Ratschingstal, d'une autre bande de cipolin, séparée

1. F. TELLER. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1877, p. 231-235.

de celle-là par une puissante masse de micaschistes grenatifères. Il la jalonne par le Rauhenjoch, le Draunsberg, le Gürtelwand, le Weissen Pfaff, la Schwarzseespitze, les Moarerweissen. Plus à l'est, dans le Ridnauntal, cette dernière bande de cipolin s'effile ou s'écrase, et l'on ne voit plus, dans son prolongement, que micaschistes grenatifères. Mais je ne crois pas me tromper en disant que la bande en question, comme celle du Ratschingstal, fait partie de la base de la nappe des Tribulaun.

Cela étant, je regarde comme infiniment probable que les *micaschistes avec cipolins* (Kalkphyllitgruppe) de la bande de Laas appartiennent à la même nappe que les *micaschistes avec cipolins* de la large bande Eisjoch — Ridnauntal — Ratschingstal. Le raccordement se ferait par le versant occidental du massif de Texel, au nord de Naturns. Les marbres de Laas et, plus loin vers le sud-ouest, les marbres de Bormio, représenteraient, sous la nappe de l'Ortler, une nappe plus basse, laquelle ne serait autre que la nappe des Tribulaun. Et le faciès *Kalkphyllitgruppe*, défini par MM. G. Stache et F. Teller, serait ainsi spécial à la nappe des Tribulaun ; *il caractériserait, non pas un étage, mais une nappe*¹, et s'atténuerait peu à peu, vers le sud-ouest, en passant graduellement au faciès *Casannaschiefer*.

Quoi qu'il en soit de ces séparations de nappes — séparations malaisées et nécessairement incertaines dans un pays de nappes où il n'y a plus que des assises cristallophylliennes² —, il est désormais démontré que la structure est la même dans la région du Brenner, dans le massif de l'Ortler, et dans tout le pays intermédiaire. C'est le but que je me proposais.

La seule différence entre les deux régions Brenner et Ortler, c'est que, de la deuxième à la première, le système des nappes, constamment, s'élève. La voûte Sobretta-Confinale n'est autre que la voûte des Hohe Tauern ; mais l'axe de celle-ci plonge, ou, comme disent les mineurs, s'ennoie, vers le sud-ouest, lentement et constamment, du Gross-Glockner jusqu'à Bormio.

1. Le même faciès, ou tout au moins un faciès très analogue, se retrouve dans la *Greiner Scholle* du Zillertal, qui fait partie d'une nappe encore plus profonde.

2. La difficulté est toute pareille, dans un pays de gneiss et micaschistes énergiquement plissés, pour savoir où sont les anticlinaux et les synclinaux.

IV

**STRUCTURE GÉNÉRALE DES ALPES
ENTRE LE BRENNER ET LA VALTELINE**

Que l'on veuille bien, maintenant, jeter les yeux sur les deux planches en couleurs (pl. VII et VIII) jointes à ce Mémoire.

Sur la carte à 1/500 000, j'ai tracé quatre lignes. La première est l'affleurement du *bord*, ou de la *faille alpino-dinarique* ; la deuxième est l'axe de la voûte des Hohe Tauern ¹, prolongée, au sud-ouest, par St-Leonhard, Töll sur l'Adige, le Confinale et le Monte Sobretta ² ; la troisième est le *contour extérieur* des *Schistes lustrés* (*Kalkglimmerschiefer*) autour de l'extrémité occidentale des Hohe Tauern ³ ; la quatrième, enfin, est le *contour extérieur* des mêmes *Schistes lustrés*, dans la *fenêtre* de la Basse-Engadine (*Antirhätikon* de M. Paulcke) ⁴.

Les deux premières lignes ont une importance capitale.

Le *bord alpino-dinarique* coïncide, dans la région du Passo Tonale, avec la *Tonalelinie* de M. Salomon. Il se prolonge à l'ouest,

1. Chacun sait que, dans le Pfitschertal, cette voûte des Hohe Tauern, rapidement élargie, se divise en deux voûtes, qui correspondent aux deux massifs granitiques du Tuxer Kern et du Zillertaler Kern, et qui sont séparées par une dépression, grâce à laquelle s'est conservée la *Greiner Scholle* (F. BECKE. *Loc. cit.*, *Livret-guide du Congrès géolog. internat. de Vienne*, 1903, excursion VIII). Dans cette région où la voûte se divise, j'ai tracé l'axe des Hohe Tauern à égale distance, ou à peu près, des axes réels des deux voûtes secondaires.

2. A l'ouest du Monte Sobretta, je ne sais pas où s'en va passer l'axe en question, car je n'ai pas visité les montagnes à l'ouest de la Valteline. Mon tracé est donc hypothétique entre le Monte Sobretta et le bord occidental de la carte.

3. Je ne suis pas en état de garantir l'exactitude *absolue* de ce contour au sud du Pfitschertal. Je ne l'ai suivi pas à pas que du Pfitschertal (Sprechenstein) au vallon de Navis. Pour le reste, mon tracé n'est autre que celui de MM. F. Becke et F. Löwl (Carte de l'extrémité occidentale des Hohe Tauern, dans le *Livret-guide du Congrès géol. internat. de Vienne*, 1903, excursions VIII et IX).

4. Je n'ai relevé moi-même ce contour que dans la région de Prutz, vers l'extrémité nord-orientale de la *fenêtre*. Pour le reste, mon tracé résulte des indications de M. Paulcke (*Geologische Beobachtungen im Antirhätikon*, Fribourg en Brisgau, 1904), et de la comparaison de la carte de Theobald avec celle de M. Schiller (*Geol. Untersuchungen im östlichen Unterengadin: Lischannagruppe* ; Fribourg-en-Brisgau, 1904). Les inexactitudes, s'il y en a, sont certainement de très faible importance.

par Edolo et le col d'Aprica, jusqu'à la Valteline. Où va-t-il ensuite ? C'est ce que j'ignore encore. La direction de la Valteline, à l'aval de Tresenda, semble être à peu près parallèle au bord alpino-dinarique ; mais je ne suis pas en état de préciser davantage. A partir de Dimaro, dans le Val di Sole, le bord alpino-dinarique coïncide avec la ligne giudicarienne (*Judicarienlinie* de M. E. Suess, *Judicarienbruch* de M. Frech). De Dimaro à l'Adige, j'ai utilisé, pour le tracé de cette ligne, les indications détaillées et précises de M. Hammer ¹. Au nord de l'Adige, et jusqu'à l'Eisack, à travers les Sarntaleralpen, j'ai suivi moi-même, pas à pas, la trace de l'accident. Enfin, pour son prolongement à l'est de l'Eisack, j'ai pris le tracé adopté par MM. Becke et Löwl ².

Que ce *bord alpino-dinarique* soit l'affleurement d'un grand accident géologique, c'est ce dont personne ne doute. Il sépare deux *mondes* profondément différents. Dès qu'on l'a franchi, tout change, depuis le faciès, la composition et l'âge des granites, jusqu'aux faciès du Permien et du Mésozoïque, et jusqu'à la *manière tectonique*. Et, de plus, tout le long du bord en question, on observe une *zone*, plus ou moins épaisse, de *roches broyées*, dont la largeur, en de certains points, peut atteindre plusieurs centaines de mètres.

Entre Dimaro et l'Adige, cette *faille alpino-dinarique* coïncide, ai-je dit, avec la faille giudicarienne, laquelle est, comme chacun sait, une faille d'affaissement. Il y a donc eu, dans les Dinarides, un affaissement brusque qui, non pas partout, mais dans une partie des Dinarides, *s'est propagé jusqu'à la faille alpino-dinarique* et dont le bord nord a épousé, sur une certaine longueur, le bord alpino-dinarique lui-même.

Mais il est presque évident que la *faille alpino-dinarique* préexistait à cet affaissement. et qu'elle en est indépendante. Elle a *rejoué* : et dans cette remise en jeu, sa lèvre sud est descendue par rapport à sa lèvre nord. Ce n'est là qu'un épisode secondaire de son histoire. Cette faille, cet immense accident, cette frontière géologique si nette, que nous pouvons suivre aujourd'hui *sur plus de 350 kilomètres*, n'est pas, *en soi*, une simple faille d'affaissement.

Ce n'est pas non plus un *pli-faille* ³, ou du moins je ne crois pas que l'on doive l'interpréter ainsi. Elle est, en effet, indépendante des plis de la région nord ; elle ne leur est point parallèle ; sa direc-

1. W. HAMMER. *Loc. cit.*, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, t. LII, 1902, p. 105 134).

2. F. BECKE et F. LÖWL. *Loc. cit.*, *Livret-guide des excursions en Autriche du IX^e siècle Congrès géol. internat.* ; Vienne, 1903, excursions VIII et IX.

3. F. FRECH. *Loc. cit.*, *Die Tribulaungruppe, etc.* ; Berlin, 1893.

tion est beaucoup plus sinueuse que la leur, et s'en écarte, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

La faille alpine-dinarique ne se peut comprendre que comme *surface, de charriage*.

C'est l'hypothèse que j'ai proposée l'année dernière : *les Dinarides, c'est-à-dire tout le pays au sud de la ligne en question, charriées, d'un mouvement d'ensemble, par dessus les Alpes ; puis, après le charriage, effondrées tout autour de la région où se préparait l'Adriatique*. Tout le long du bord de l'effondrement, la *surface de charriage*, originairement presque horizontale, est devenue presque verticale. Au nord de l'effondrement, la couverture dinarique, restée trop haut, a été détruite par l'érosion ; au sud, elle s'est, au contraire, conservée, et cache, *sous elle*, le prolongement du pays alpin. Tout s'explique : et le contraste des deux *mondes*, alpin et dinarique, de part et d'autre de la frontière ; et la verticalité, ou la quasi-verticalité avec indifférence dans le sens du plongement, de l'accident qui sépare ces deux mondes ; et aussi, et surtout, *la structure du pays alpin*.

Mais laissons là cette question du charriage des Dinarides, puisque, aussi bien, la *démonstration rigoureuse* de ce charriage n'est point encore faite ¹, et parlons de la structure du pays alpin entre la Valteline et le Brenner. Il n'y a, pour la comprendre, qu'à regarder les trois coupes de la Planche VIII.

La première de ces trois coupes va de St-Anton (ligne de l'Arlberg) au Passo Tonale, suivant une direction du nord-nord-ouest au sud-sud-est. Elle passe l'Engadine un peu à l'aval de Schuls, tranche les massifs du Lischanna et de la Seesvenna, traverse les montagnes de l'Ortler par le Piz Umbrail et le Confinale, et franchit la Valle Furva à Santa-Caterina. Pour la traversée du Lischanna et de la Seesvenna, c'est la coupe même qu'a donnée, en 1904, M. W. Schiller ² : l'interprétation seule est différente. Entre St-Anton et l'Inn, le profil est purement schématique, et je n'en saurais garantir les détails. La partie comprise entre le Münstertal et le Passo Tonale est due à mes observations personnelles. On

1. Cette *démonstration* ne sera faite d'une façon irréfutable que par celui qui trouvera, en plein pays alpin, un lambeau exotique des Dinarides, ou qui montrera, vers l'est, les Alpes s'enfonçant, régulièrement, et avec une très faible pente, sous les Dinarides. Je dis *vers l'est*, car, du côté de l'ouest, pareille observation semble devoir être impossible en raison de l'extension des plaines. Jusqu'à l'une ou à l'autre de ces deux découvertes, l'hypothèse du charriage des Dinarides, si vraisemblable et séduisante qu'elle soit, restera une hypothèse.

2. W. SCHILLER. *Loc. cit.*, Fribourg-en-Brisgau, 1904 : planche en couleurs.

retrouve là les trois nappes dont j'ai signalé l'existence en décrivant le massif de l'Ortler : ce sont celles qui portent les numéros 4, 5 et 6. L'existence de ces nappes est *certaine* ; *certain*, aussi, leur enracinement au sud de Santa-Caterina ; *certaine*, encore, leur réapparition dans la Basse-Engadine ; *certain*, toujours, ce fait que les *Schistes lustrés* (*Kalkglimmerschiefer*) de la Basse-Engadine apparaissent dans une *fenêtre* d'un paquet de nappes ; *certain*, enfin, que les micaschistes de l'Arlberg, *et les Alpes calcaires du nord*, appartiennent à une nappe, ou à plusieurs nappes, venues du sud.

La deuxième coupe va, du nord-ouest au sud-est, de Pians (Stanzertal) à Meran. Elle franchit l'Engadine près de Ried, et traverse l'énorme massif de l'Œtztal. Mes observations personnelles sont, ici, dans l'Engadine¹ et aux environs de Meran. Les ondulations des nappes sous les glaciers de l'Œtztalergruppe sont schématiques, de même que la représentation de la nappe 4 au nord de l'Inn. Je ne suis pas sûr non plus de la démarcation des nappes 3 et 4 à l'ouest du Lazinstal, et c'est là un des deux problèmes que j'ai appelés *les problèmes de l'Œtztal*. Mais il n'y a pas de doute sur la structure générale : le massif des Œtztaleralpen, les micaschistes de l'Urgtal et de Pians, les Alpes calcaires du nord, appartiennent à des nappes venues du sud, et enracinées au sud de la Rothelspitze ; et les *Schistes lustrés* de la Basse Engadine apparaissent dans une fenêtre du paquet de nappes, la même fenêtre que ci-dessus.

Enfin, la troisième coupe va de Kematen, au nord-ouest, à la Wilde Kreuzspitze, au sud-est, par le Säile Berg, la Serlesspitze, et le col même du Brenner. Je suis sûr de l'exactitude des détails de cette coupe (au voisinage de la surface du sol), depuis le Gschnitztal jusqu'à la Wilde Kreuzspitze. Pour le reste, je ne puis garantir que l'allure d'ensemble ; et, par exemple, je ne voudrais pas affirmer que le Säile Berg appartienne à la nappe 4 plutôt qu'à la nappe 3. Ce qui est *certain* — et c'est là tout ce qui m'importe — c'est l'existence, entre le Brenner et le Gschnitztal, de trois nappes superposées ; ce qui est certain encore, c'est l'enracinement de ces nappes au sud des Hohe Tauern. Ici encore les Alpes calcaires, au nord de l'Inn, appartiennent indubitablement à une nappe, ou à plusieurs nappes, venues du sud.

1. P. TERMIER. Sur la *fenêtre* de la Basse-Engadine. *C. R. Ac. des Sc.*, t. CXXXIX, p. 648.

Ces trois coupes se correspondent trait pour trait, et je n'aurais eu aucun embarras à dessiner n'importe quelle coupe intermédiaire, satisfaisant bien entendu à toutes les observations : et l'on aurait vu alors, à travers cette série de profils, s'affirmer l'unité de structure.

Il est désormais certain :

1° Qu'au nord de l'axe des Hohe Tauern, prolongé, à l'ouest, jusqu'au Monte Sobretta, les Alpes du Tyrol sont formées de nappes ¹ empilées les unes sur les autres, nappes qui ont été plissées, ou tout au moins ondulées, après leur empilement ;

2° Que les *Schistes lustrés* (*Kalkglimmerschiefer*) de la Basse-Engadine, entre Guarda et le pont de Pontlatz, affleurent dans une *fenêtre* de ce paquet de nappes ;

3° Que les Alpes calcaires, au nord de l'Inn, sont des témoins de nappes supérieures ², la nappe la plus basse, dans ces Alpes calcaires, étant tantôt la nappe 4 et tantôt la nappe 5 ;

4° Qu'au sud de l'axe des Hohe Tauern et jusqu'à la faille alpinodinarique s'étend une zone plus ou moins large, formée de plis verticaux, ou quasi-verticaux, ou tout au moins très redressés, et qui est le *lieu* des *racines* des plis couchés au nord et transformés en nappes.

Ces conclusions sont, avec un peu plus de précision en ce qui concerne le tracé de l'axe des Hohe Tauern et le numérotage des nappes, les conclusions mêmes de mon Mémoire de l'an dernier.

Je prie le lecteur de vouloir bien remarquer qu'il n'y a plus, dans ces conclusions, rien d'hypothétique. Dans mon Mémoire de l'année dernière, elles découlaient d'assimilations pétrographiques,

1. Je rappelle qu'une *nappe* est un pli couché qui, dans son déversement, a atteint ou dépassé l'horizontale. C'est bien imparfaitement que M. C. Diener a traduit ce mot *nappe* par *nomadisirende Schubmasse* (*Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, 1904). J'espère que l'on trouvera un jour, dans les Alpes, quelques lambeaux exotiques, venus, par trainage, des Dinarides, et qui seront des témoins de ce que j'ai appelé le *traineau écraseur*. De tels lambeaux méritent le nom de *nomadisirende Schubmassen*. Mais, pour le moment, je ne connais, dans les Alpes orientales, que des plis couchés.

2. On sait que cette conclusion, annoncée par moi dès l'automne de 1903, a été confirmée par l'étude directe des Alpes calcaires du Salzkammergut qu'ont entreprise MM. Haug et Lugeon (E. HAUG. Sur les racines des nappes de charriage dans la chaîne des Alpes. *C. R. Ac. des Sc.*, t. CXXXVIII. p. 60. — E. HAUG et M. LUGÉON. Sur l'existence, dans le Salzkammergut, de quatre nappes de charriage superposées. *Ibid.*, t. CXXXIX, p. 892. Dans cette dernière Note, il est fait allusion à une analogie des faciès *de la nappe la plus haute* avec les faciès des Dinarides).

évidentes pour moi, mais cependant discutables : et, si l'on se refusait à admettre la *complexité* de la *Schieferhülle* des Hohe Tauern et l'âge mésozoïque des *Kalkglimmerschiefer*, tout l'édifice était ruiné par la base. Aujourd'hui, il n'en est plus de même. C'est par les relations du Trias incontestable avec du Paléozoïque incontestable que j'ai établi, à l'Ortler comme au Brenner, la structure en *paquet de nappes*. Mais alors, et du même coup, quelle confirmation de l'exactitude de mes anciennes prémisses ! Et qui pourrait douter, maintenant, de la *complexité* de la *Schieferhülle* ? et qui se refuserait à assimiler les *Kalkglimmerschiefer* des Hohe Tauern et de la Basse-Engadine aux *Schistes lustrés* des Alpes occidentales ?

On peut aller un peu plus loin et tenter le numérotage des nappes. C'est à quoi correspondent les numéros des trois profils de la Pl. VIII.

J'appelle, comme l'année dernière, *nappe 1*, celle qui est au-dessous de la nappe des Schistes lustrés, et qui comprend, par conséquent, le Hochstegenkalk (triasique pour moi), les micaschistes de la *Greiner Scholle* et le *Zentralgneis* des Hohe Tauern. Il n'est guère douteux que cette nappe 1 ne soit elle-même complexe.

La nappe des *Schistes lustrés* (*Kalkglimmerschiefer*), s'appellera *nappe 2*. Elle disparaît, par enfouissement sous des nappes plus hautes, à l'ouest de la ligne du Brenner, et ne reparaît que dans la Basse-Engadine.

La *nappe 3* comprend les micaschistes du Pflerschtal et des Stubaieralpen, et le Trias des Tribulaun, de la Weissespitze, de la Gschösswand près Mairhofen. Je l'ai souvent appelée, dans ce Mémoire, *nappe des Tribulaun*. C'est elle encore, indubitablement, qui reparaît, dans la région de Prutz, immédiatement au-dessus des Schistes lustrés ; elle aussi, probablement, qui forme la plus basse des lames triasiques sous le Lischanna (W. Schiller). Dans la région de l'Ortler, cette nappe ne se distingue plus avec certitude, *parce qu'elle ne montre plus de Trias* : mais je crois, d'après la continuité, que l'on peut la caractériser par le faciès *Kalkphyllit-gruppe* du Cristallophyllien. Je pense, en d'autres termes, que les *micaschistes avec cipolins* du Ratschingstal, du Pfelderstal, de Laas, et du Monte Sobretta appartiennent à la nappe 3, et sont les équivalents stratigraphiques et tectoniques des micaschistes du Pflerschtal.

La *nappe 4*, c'est la *nappe de l'Ortler*, que j'ai appelée aussi, dans ce Mémoire, *nappe Bormio-Ortler*. Dans la région du Brenner, elle comprend les phyllades paléozoïques (en partie houillers) de

Steinach et de Matrei, les lambeaux triasiques du Mieslkopf et des Tarntalerköpfe, décrits par M. F. E. Suess, le lambeau calcaire de la Rettelwand près Mairhofen. Je suis très porté à croire que le synclinal triasique Mauis-Hühnerspiel-Weisshorn, dans la zone des racines, est la partie verticale, ou tout au moins redressée, du synclinal triasique de cette nappe 4.

Au dessus vient la *nappe 5*, visible seulement dans la région de l'Ortler. C'est la *nappe du Piz Umbrail*, que l'on suit sans peine jusqu'au Lischanna, et même, sur la rive gauche de l'Inn, jusqu'aux micaschistes et gneiss de la Silvretta.

Enfin, il existe quelques témoins isolés d'une *nappe 6*, au Piz Chazföra, au Piz Cornet, et au Lischanna (W. Schiller).

Toutes ces nappes, du Gross-Glockner à Bormio, plongent vers le sud-ouest. C'est pourquoi les Schistes lustrés ne reparaissent plus au sud-ouest de Sterzing ; c'est pourquoi encore les nappes 5 et 6 sont partiellement conservées près de l'Ortler, tandis qu'elles manquent complètement dans la plus grande partie de l'Ëtzta-lergruppe et dans toute la région du Brenner.

D'une nappe à la suivante, les faciès changent, comme on pouvait s'y attendre ; et plus on descend dans la série des nappes, plus le métamorphisme devient intense et plus il s'étend dans la série des terrains.

Les nappes 1 et 2 ne montrent guère que des assises cristallines ¹. L'Éocène et le Mésozoïque, très métamorphiques, forment la nappe 2 (Schistes lustrés). Dans la nappe 1, il y a du Trias, mais très cristallin ; et la plus grande partie des terrains de cette nappe semble appartenir au Permo-Houiller métamorphique.

Dans la nappe 3, le Trias est encore très cristallin (marbres phylliteux) ; mais il renferme cependant quelques bancs fossilifères. La base de la nappe est formée, suivant toute vraisemblance, de Permo-Houiller métamorphique (Kalkphyllitgruppe).

Dans la nappe 4, le Houiller et le Permien sont seulement semi-métamorphiques ; et leurs assises, fréquemment détritiques, renferment parfois des organismes déterminables (Nösslacher Joch). Quant au Trias, il n'est plus, ou presque plus, métamorphique ; et l'on y trouve des fossiles. Dans la région de l'Ortler, la base de la nappe, sous le Verrucano, est faite de phyllades quartzeux (Casannaschiefer), certainement antérieurs au Verrucano, mais dont l'âge exact est inconnu. Ces *Casannaschiefer* sont peut-être

1. Il n'y a que quelques assises de conglomérats, qui, dans le Zillertal, aient gardé leur aspect de roches détritiques.

un faciès, encore métamorphique, du Houiller : en tout cas, ils se séparent mal des micaschistes du Kalkphyllitgruppe.

La nappe 5 a le même Verrucano et les mêmes *Casannaschiefer* que la nappe 4. C'est à elle qu'appartient la puissante et monotone série des phyllades du Vintschgau. Les terrains secondaires forment une série plus complète, plus différenciée, plus fossilifère aussi, que dans la nappe 4.

De la nappe 6, je ne connais que la base, dans le lambeau du Piz Chazfora. Cette base est formée de *Casannaschiefer*, avec intercalations gneissiques, tout comme dans la nappe 5.

La diminution graduelle de l'intensité et de l'amplitude du métamorphisme, des nappes profondes aux nappes supérieures, s'explique aisément. Les nappes profondes correspondent à la *zone axiale* des Alpes (zone des *Schistes lustrés* et des *roches vertes*) ; les autres nappes proviennent de la *zone interne* des Alpes, et de régions de cette zone de plus en plus éloignées de la zone axiale. Ainsi que je l'ai dit l'an dernier, la zone axiale est, par excellence, la zone du métamorphisme régional¹. Si l'on pouvait forer un puits à travers le paquet de nappes, sous la nappe 1, on trouverait d'autres nappes, originaires de la *zone externe* des Alpes, et dans lesquelles le métamorphisme serait moindre que dans les nappes 1 et 2. Ces nappes de la zone externe ne seront jamais observables en Autriche. Mais, grâce au relèvement général plus rapide des Alpes centrales et des Alpes occidentales, nous les connaissons à l'ouest du Rhin : et ce sont les grandes nappes suisses, et aussi les nappes françaises, dans lesquelles le métamorphisme est nul ou à peine sensible.

Il me reste à répondre à deux objections que l'on ne manquera pas de me faire : la première, tirée du déversement vers le sud des plis des gneiss dans le Bas-Ultental et dans les Sarntaleralpen ; la deuxième, tirée de l'insuffisance de largeur de la zone des racines.

La première objection m'a longtemps troublé, jusqu'au jour où j'ai pu suivre, pas à pas, les plis des gneiss, et où, après les avoir vus isoclinaux, et déversés au nord, dans la région des sources de l'Oglio, je les ai vu *hésiter* entre le déversement nord et le déversement sud, puis, peu à peu, se déverser tous vers le sud. D'après les coupes de M. Löwl, les *mêmes plis*, prolongés à l'est de l'Eisack, reprennent graduellement, la verticalité d'abord, et ensuite l'allure isoclinale avec déversement nord. C'est donc une *décompression*

1. P. TERMIER. *Loc. cit.*, p. 756 et suiv.

de la zone des racines, entre l'Ultental et la vallée de l'Eisack, qui a produit le *chavirage* graduel des plis et leur *renversement* vers le sud. *Et ce chavirage et ce renversement sont visibles aussi dans la faille alpino-dinarique*. De sorte qu'il n'y a plus aucune difficulté, si l'on admet que la faille alpino-dinarique est une surface de charriage, et que la décompression qui a produit cette structure en éventail est postérieure à la formation des nappes. L'objection se retourne, et devient un argument en faveur de la théorie du charriage des Dinarides.

Ce mécanisme d'une *décompression*, ou si l'on veut, d'une *Rückfaltung*, postérieure à la formation des nappes, est celui qui a été proposé par mon excellent ami, M. W. Kilian, pour l'explication de l'éventail briançonnais ¹. Nous avons tous eu quelque peine à admettre que des nappes aient pu venir d'une région où tous les plis, à l'heure actuelle, sont déversés au rebours du sens de cheminement de ces nappes. C'est, je crois bien, M. Lugeon ² qui, le premier, en 1895, a proposé d'accepter cette idée ; mais nul n'a été, dans cette acceptation, aussi loin que M. Kilian, et je dois sans doute à ce dernier — avec bien d'autres idées et bien d'autres lumières — la facile intelligence du problème des racines dans la région de Meran. Est-ce à dire que l'explication, entièrement satisfaisante pour la région de Meran, soit bonne aussi pour l'éventail briançonnais ? Ce n'est point ici le lieu de discuter une question de géologie toute française. Qu'il me suffise de dire qu'il n'y a pas beaucoup de ressemblance entre le problème de Meran et le problème du Briançonnais. Les plis de Meran, tous quasi-verticaux, ne peuvent guère se comparer aux plis isoclinaux, de la frontière franco-italienne ; encore moins à ceux de la Vanoise, qui, dans leur déversement vers l'est, atteignent l'horizontale.

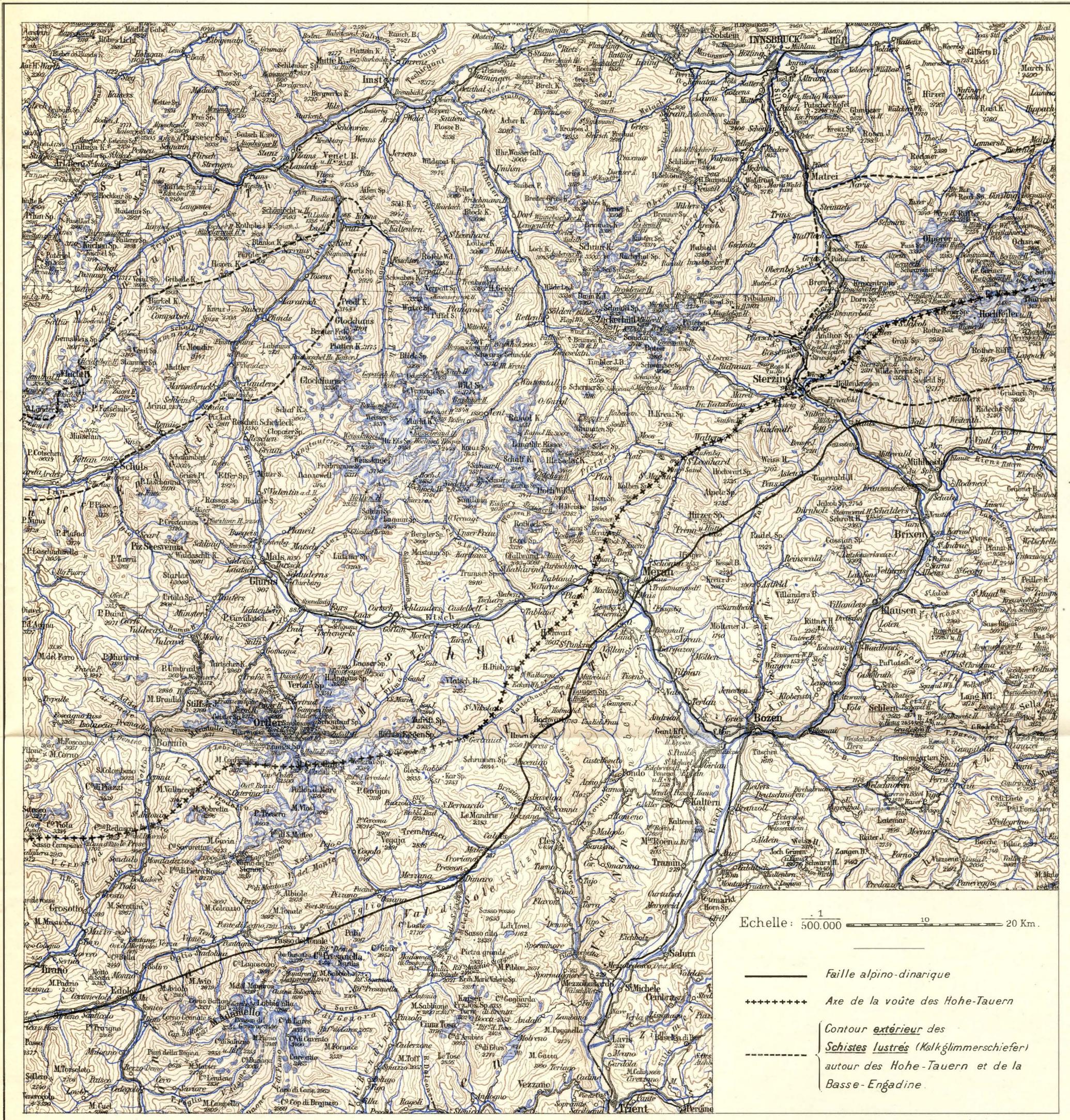
La deuxième objection, tirée de l'insuffisance de largeur de la zone des racines, à Meran ou à Mauls, n'est pas plus embarrassante que la première ; et, de même que la première, elle devient, dès qu'on la discute, un argument en faveur de la théorie du charriage des Dinarides. Au sud de l'Ortler, la largeur de la zone des racines est d'environ 20 kilomètres, assez grande, par conséquent, pour que l'objection ne se pose même pas. Cette largeur va diminuant, à l'ouest comme à l'est, par suite du rapprochement de la

1. W. KILIAN. Les phénomènes de charriage dans les Alpes delphino-provençales. *C.R. Congrès géol. internat. de Vienne*, 1903, p. 455-476. — Sur l'origine de la structure en éventail des Alpes françaises. *B. S. G. F.*, (4), t. III, 1903, p. 671-678.

2. M. LUGEON. La région de la Brèche du Chablais. *Bull. des Serv. de la Carte géol.*, t. VII, p. 623.

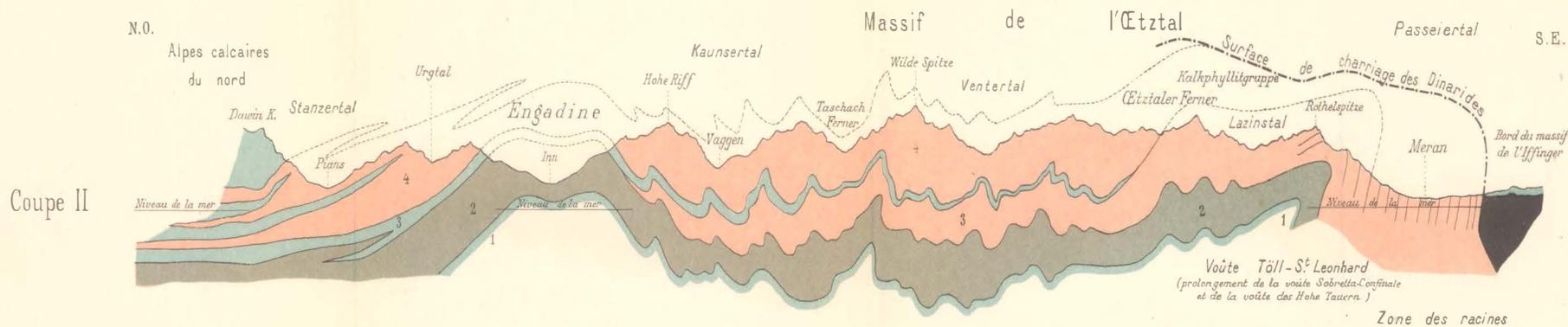
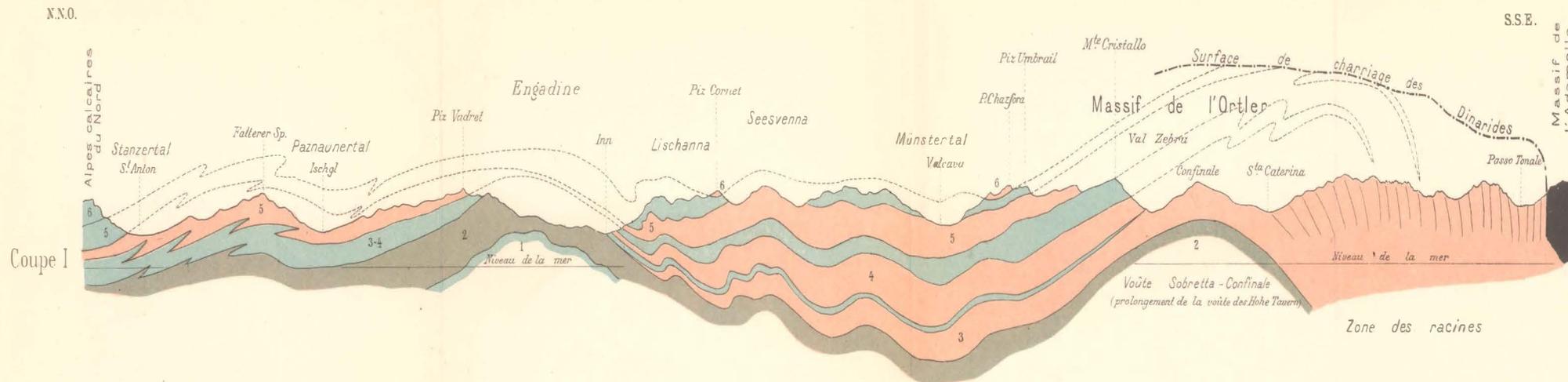
faille alpino-dinarique et de l'axe de la voûte du paquet de plis. Puis, du côté de l'est, après être tombée à moins de 8 kilomètres, ladite largeur augmente de nouveau, sur la rive gauche de l'Eisack, jusqu'à un maximum que je ne connais pas, mais qui me semble, d'après les travaux de MM. Teller et Löwl, dépasser 20 kilomètres. Que conclure, sinon que la faille alpino-dinarique est une *surface de charriage* indépendante des plis, et qu'une partie, d'étendue variable, de la zone des racines, est actuellement *cachée sous cette surface de charriage*? Et dès lors, il n'y a plus aucune difficulté.

Je m'arrête, espérant avoir montré que la structure des Alpes orientales, à l'ouest de la voie ferrée du Brenner, est désormais, dans son ensemble, assez bien connue, et que l'on commence à voir clair, aujourd'hui, dans une région où régnaient hier la confusion et le chaos. Le jour où l'on voudra prolonger, au delà du Zillertal, cette étude de *continuité tectonique*, la structure que je viens de décrire se poursuivra vers l'est, une et harmonieuse. On fera le tour des Hohe Tauern, et l'on verra, partout, ou presque partout, les *Schistes lustrés*, qui enveloppent ces Hohe Tauern à la façon d'un manteau, plonger sous du Trias, et celui-ci plonger sous des terrains paléozoïques. On verra l'axe des Hohe Tauern se continuer par l'axe d'une *carapace* gneissique, et, au nord de cet axe, toute une série d'écaillés paléozoïques plonger sous les Alpes calcaires septentrionales. On jalonnera, plus exactement que par le passé, la faille alpino-dinarique; et, dans cette faille, *étudiée enfin pour elle-même*, on reconnaîtra, je n'en doute pas, la surface de charriage, ou de chevauchement, par laquelle s'est opéré le déplacement relatif des Dinarides et des Alpes.



D'Après l'Uebersichtskarte der Ostalpen de L. Ravenstein, Francfort-sur-le-Mein.

Les Alpes entre le Brenner et la Valteline



Trois Coupes à travers les Alpes orientales

Echelle : $\frac{1}{250,000}$

- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | Schistes lustrés ou Kalkglimmer-schiefer (Mésozoïque et Eocène) et roches vertes subordonnées. |  | Verrucano, phyllades houillers, Paléozoïque indéterminé, gneiss et micaschistes (sauf ceux des schistes lustrés). |
|  | Terrains secondaires autres que les Schistes lustrés. |  | Tonalite de l'Adamello ou de l'Iffinger. |

1, 2, 3, 4, 5, 6 Numérotation des nappes superposées.

