

STRUCTURE GÉOLOGIQUE
DU
MASSIF DU SIMPLON
A PROPOS DU TUNNEL PROJETÉ

PAR

E. RENEVIER

prof. de sciences géologiques à l'académie de Lausanne.

(Pl. 20 et 21.)

Pendant l'été 1877, je fus chargé par la compagnie du chemin de fer du Simplon de faire, avec deux collègues, M. Ch. Lory, prof. à la Faculté des sciences de Grenoble, et M. A. Heim, prof. au polytechnicum de Zurich, une exploration géologique préliminaire du massif que doit traverser le tunnel projeté.

Nous n'avons pu consacrer que peu de temps à ce travail qui, vu les circonstances, devait être nécessairement fort sommaire, et dirigé vers un but spécial. Il m'a paru néanmoins que cette étude présentait des résultats scientifiques assez intéressants pour donner lieu à une courte notice, dans laquelle je m'abstiendrai avec soin d'empiéter sur la question technique.

Le temps dont nous pouvions disposer ne nous permettait pas de faire l'ascension des sommités, et le but spécial que nous avons en vue nous prescrivait au contraire d'explorer surtout les points les plus profonds, comme étant les plus rapprochés du niveau du tunnel. C'est pourquoi

nous avons étudié principalement les vallées transversales à la chaîne, spécialement dans deux directions :

1° A l'ouest du tunnel projeté, gorges de la Saltine, vallée du Kaltwasser-Bach, passage du Simplon, vallées du Krummbach et de la Diveria (Pl. 20).

2° A l'est du tunnel, par Termen, Rosswald, Bérisal, passage de la Forchetta, Alpe Diveglia et vallée de la Cherasca (Pl. 21).

C'est entre ces deux lignes que se trouve le beau massif du Monte-Leone, qui domine toute la contrée, avec sa guirlande de grands et petits glaciers.

J'ai examiné ensuite le Val di Vedro jusqu'à Crevola, et acquis ainsi une vue d'ensemble sur la contrée.

Je passerai en revue les divers terrains qui composent ce massif, en partant du Val di Vedro et me dirigeant contre Brieg. En traversant ainsi la chaîne du S. E. au N. O. nous parcourrons la série des terrains, à peu près dans leur ordre de formation, des plus anciens aux plus récents.

I. Gneiss d'Antigorio.

Le regretté Gerlach avait appliqué ce nom¹ à un gneiss granitoïde, plus ou moins massif, qui occupe le fond et les flancs des vallées au sud et au sud-est du Simplon.

Dans le Val di Vedro il se rencontre sur les deux rives de la Diveria, où il forme toutes ces abruptes parois des environs de Varzo, Iselle, Gondo, et se prolonge en pointe à l'ouest, jusque non loin du Refuge, soit Caserna n° 8 (1157^m), sur la route du Simplon. Il occupe également presque toute la vallée de la Cherasca, où il remonte jusque vers Campo (1337^m) au-delà de l'Alpe di Nembro. Il s'é-

¹ *Gerlach*. — Die Penninischen Alpen, p. 104 (Mém. Soc. Helv. Sc. nat. XXII, 1869). — *Studer*. — Index petrogr. d. Schweiz, p. 11, 1872.

tend davantage encore dans les vallées d'Antigorio, Devero, Formazza, plus à l'est.

C'est une roche très compacte et résistante, mais passablement fissurée. Sa schistosité est peu régulière, certains bancs étant passablement schistoïdes, tandis que la plupart présentent un aspect plus massif. En y regardant de près toutefois on peut toujours y reconnaître les plans de schistosité, dans la direction desquels la roche se fend plus ou moins facilement en plaques. On l'exploite aux environs de Gondo et d'Iselle pour boute-roues, parapets, etc. Le prof. Scheerer², de Freiberg, en a fait l'analyse chimique, et a reconnu son identité absolue avec le gneiss gris (*unterer Plutonit*) de l'Erzgebirge.

Dans les vallées de la Diveria (V. di Vedro) et de la Cherasca, ce gneiss est très nettement disposé en voûte. Aux environs de Gondo (950 m) sa schistosité est sensiblement horizontale. Vers Iselle (663 m) il plonge déjà légèrement au sud-est. Au Refuge n° 9 (1071 m) au contraire il plonge de 20° au sud-ouest et ce plongement s'augmente en continuant à monter la route du Simplon jusqu'à atteindre 25° environ à l'extrémité de l'affleurement un peu avant le Refuge n° 8 (caserne 1157 m). Sur le bord septentrional de l'affleurement Gerlach indique 25° au nord, dans le haut de la vallée de la Cherasca il m'a paru aller jusqu'à 30° ou même 35° au nord ou au nord-ouest. Enfin sur le bord méridional, le plongement est au sud ou sud-est, et peut aller, suivant Gerlach, jusqu'à 75°. Il y a donc plongement centrifuge sur les bords du massif, presque dans toutes les directions, et le point culminant de l'anticlinale serait aux environs de Gondo et d'Iselle.

Nulle part je n'ai pu observer le substratum de ce gneiss d'Antigorio, que j'ai vu au contraire constamment dominé par les autres schistes cristallins. Son épaisseur doit être

² Scheerer. — Chemische Constitution der Plutonite, 1866.

énorme, pour le moins 1500 m; puisque de chaque côté d'Iselle (663 m), où il est presque horizontal, il s'élève jusqu'à des hauteurs de 2200 m à 2300 m. (Punta di Tegghialo et Pizzo di Giezza.)

Les *Mines d'or* de Gondo, ou mieux de la vallée de Zwischbergen (Val Varza), à une lieue au sud de Gondo, appartiennent, d'après Gerlach³, à ce terrain. Ce sont 5 filons de cuivre pyriteux et pyrite aurifères, qui ont été attaqués par sept ou huit galeries. Ces exploitations sont déjà anciennes, mais n'ont jamais été poussées avec une grande vigueur. Le plus riche minerai a été trouvé dans la galerie *Confiance*, et contenait 110 grammes d'or pour 100 kilos de minerai.

II. Schistes cristallins.

Une masse considérable de roches cristallines, beaucoup plus schisteuses et très variées de composition minéralogique, surmonte le gneiss d'Antigorio et forme tout le massif central du Monte-Leone et du Simplon, jusqu'à la vallée de la Ganther (Saltine supérieure). Ce sont des roches passablement plus tendres, et donnant lieu par conséquent à des sommets très découpés et accidentés. Leur plongement général est au nord-est, mais la déclivité est assez variable; je reviendrai plus loin sur ces variations de plongement.

Voici ces roches dans leur ordre de fréquence :

a) Le *micaschiste* est une des roches les plus abondantes dans le massif du Simplon, spécialement dans la partie qui recouvre immédiatement le gneiss d'Antigorio, et sur le versant nord-ouest de la chaîne du Wasenhorn. Il présente de très nombreuses variétés, résultant soit des couleurs du

³ Gerlach. — Penninischen Alpen, p. 105. — Bergwerke des Kanton's Wallis, p. 98, 1873.

mica, soit du mélange d'autres éléments minéralogiques.

Une des plus fréquentes est le *micaschiste granatifère*, qui joue un rôle important sous le Wasenhorn et le Mäderhorn (2300 m) et jusqu'au dessus de Vogelsang, avec un plongement de 40° à 48° au nord-ouest. On retrouve cette même variété sur la route du Simplon, au contour en dessous du Refuge n° 4 (1751 m), où il plonge au contraire de 50° au sud-est. Les grenats sont d'un brun-rougeâtre, de la taille d'une grosse grenaille jusqu'à celle de gros pois, et présentent parfois une cristallisation assez nette. J'en ai retrouvé aussi près de l'Hospice du Simplon et sur d'autres points encore.

D'autres variétés de micaschistes sont plus ou moins fortement *calcarifères*; ainsi au refuge n° 6, près du sommet du passage, et à la caserne n° 8 sous Algaby. D'autres sont *talqueux*, *chlorités*, etc.

De curieuses variétés sont les micaschistes à *mica bronzé* et à *mica doré* qui accompagnent le cipolin vers la caserne n° 8 (1157 m).

b) Le *gneiss* schisteux est presque aussi abondant que le micaschiste, et alterne souvent avec lui sans grande régularité, il est même souvent difficile de reconnaître si l'on a à faire à l'une ou l'autre de ces roches, tellement leurs passages sont insensibles. Les lieux où le *gneiss* paraît prédominant sont : dans le centre du massif les environs de Bernetsch et Alpmatten sur la route du Simplon, où il plonge de 25° à 40° à l'ouest, sud-ouest ou nord-ouest; les environs de Bérisal dans la vallée de la Ganther, où il a un plongement normal au nord-ouest de 50° à 60°; enfin sur la rive droite du Rhône, vis-à-vis de Brieg, à Naters, etc., où il plonge au sud-est d'environ 70°.

Ce *gneiss* présente aussi d'assez nombreuses variétés, dont je citerai les plus remarquables. Au-dessus de Bérisal, non loin de Wintermatten (2010 m), nous avons constaté, M. Heim et moi, un *gneiss noirâtre* qui plonge de 50° au sud-

est. Sur plusieurs points, aux environs de Bernetsch, Engeloch, etc., se trouve du *gneiss glandulaire* (*Augengneiss*). Les variétés à *gros grains* ne sont pas rares. D'autres à *petits grains* deviennent parfois presque homogènes.

c) Les *schistes amphiboliques* jouent un rôle moins important, mais existent fréquemment intercalés, en paquets plus ou moins épais, dans les micaschistes et les gneiss; ainsi près de la limite de l'Antigorio, sous la caserne n° 8; à la galerie en dessous d'Algaby; à la montée de la Forchetta, sur l'Alpe Diveglia (Pl. 21); puis au revers nord du Simplon à Vogelsang, au-dessus de Mäderalp et au-dessus de Bärenfallen sous le Wasenhorn (Pl. 20). La couleur verte de ces schistes les fait aisément reconnaître; il en existe des variétés plus ou moins foncées, mais rarement jusqu'au noir. Parfois ils contiennent un peu de *mica* ou un peu de *chlorite*, mais je n'ai trouvé que peu d'exemples de *schiste chlorité* proprement dit. J'en ai vu toutefois en dessous de l'Hospice, au sud.

En revanche nous avons vainement cherché, M. Heim et moi, le lambeau de serpentine que Gerlach indique par une tache verte tout à côté de l'Hospice du Simplon (2003^m). Nous n'avons pu trouver dans tout cet espace que des schistes cristallins essentiellement micacés.

d) Les *calcaires cristallins* sont encore moins abondants, mais vu leur importance théorique et pratique je m'y arrêterai un peu plus. Ils forment au milieu des roches précédentes *trois intercalations* plus ou moins régulières, que j'ai marquées sur mes deux profils, et dont je vais décrire les affleurements.

La 1^{re} bande calcaire limite à peu près le gneiss d'Antigorio, dont elle n'est séparée que par une faible épaisseur de schistes cristallins. On la voit sur la route du Simplon au Refuge n° 8 (Pl. 20); droit derrière le bâtiment en ruine, dit Caserna, se trouve une anfractuosité dans la paroi de roc,

résultant d'exploitations momentanées du calcaire. Les bancs inférieurs sont fortement chargés de mica et forment un vrai *cipolin*, d'autres sont du pur calcaire saccharoïde, d'autres enfin sont grisâtres, plus ou moins foncés, mais toujours cristallins. En dessous on voit des micaschistes entremêlés de schistes amphiboliques, au milieu desquels se détache le sentier qui monte à Alpien; puis un peu plus bas sur la route commence le gneiss d'Antigorio.

De la caserne la bande calcaire s'élève en écharpe dans la direction d'Alpien, Alpienrung, Camoscella, pour venir former l'arête (2384^m) dite Dosso del Teggio, en avant de Balmette (Pl. 21). D'après la carte de Gerlach⁴ cette crête proéminente est entièrement composée de calcaire, et forme comme un promontoire au milieu de l'Antigorio du Val Cherasca. De là l'affleurement calcaire revient en arrière au nord-ouest, puis au nord, pour circonscrire le beau cirque de l'Alpe di Nembro.

C'est là, au-dessus de Campo (1337^m), que nous l'avons observé de nouveau, sur le sentier qui mène à l'Alpe Diveglia (Pl. 21). Les couches plongent uniformément de 35° à 40° au nord-ouest, contre Diveglia, et leurs affleurements forment le cirque rocheux qui termine la petite plaine de Nembro. A peu de distance du sentier le cirque est échancré par le cours bouillonnant de la Cherasca. La base des rocs est formée de gneiss d'Antigorio, à peu près au niveau de la plaine. Au-dessus viennent une 60^m de mètres de micaschiste calcarifère, présentant par-ci par-là des grenats plus ou moins nets. Vers le haut quelques bancs de gneiss schisteux sont intercalés au micaschiste. Puis vient une 30^m de mètres de calcaire saccharoïde, en général beau blanc, mais dont la stratification est rendue très apparente par des bandes micacées plus ou moins foncées, qui constituent de vraies interstratifications

⁴ Gerlach — Carte géologique des Alpes Pennines au 1/300 000 (Mém. Soc. Helv. Sc. nat. XXII, 1869).

de cipolin, ou même de micaschiste calcarifère. Le tout est surmonté de micaschistes qui forment tout le reste de l'escarpement. Le bas de cette coupe a été observé par M. Heim, tandis que nous mesurons l'épaisseur du banc calcaire, et explorions surtout la partie supérieure.

Depuis le point que je viens de décrire on voyait clairement la continuation de la bande calcaire, s'élevant dans la direction de Ciamporino et Monte-Cistella. D'après la carte de Gerlach elle doit contourner cette montagne pour se prolonger au loin dans le Val d'Antigorio.

Revenant à notre point de départ, la caserne n° 8, nous poursuivrons la prolongation au sud de la même bande calcaire jusqu'à Crevola. D'après la carte de Gerlach, elle doit s'élever dans la paroi du Seehorn au-dessus de Figenen, traverser la vallée de Zwischbergen, longer à mi-côte sur le flanc nord du Pizzo Pioltone et du Pizzo di Giezza (Pl. 20 et 21) pour venir contourner à l'est de Pizzo d'Albione et redescendre jusqu'à la Diveria, après un contour à l'ouest sous le Monte-Ossolano. Du fond de la rivière l'affleurement remonte sur rive gauche contre Enso, hameau de Crevola di Sopra, pour venir traverser le Val d'Antigorio sous Monte-Crestese et en longer le flanc gauche, dans la direction du nord par Monte Larone, etc.

Les fameuses carrières de *marbre blanc* de Crevola, encore activement exploitées, appartiennent donc au même banc calcaire que les gisements de la Caserne et de Campo, seulement la masse calcaire paraît ici beaucoup plus épaisse et son plongement est inverse et beaucoup plus fort. En mesurant la déclivité des bancs exploités sur les bords de la route du Simplon, j'ai trouvé 65° à 70° au sud-est. Comme dans les autres gisements tout n'est pas calcaire saccharoïde, mais il y a également des bancs de cipolin et de calcaire cristallin impur plus ou moins foncé. En dessous des bancs calcaires se trouve également du gneiss avec quel-

ques intercalations de micaschiste, tandis qu'au-dessus, c'est-à-dire au sud, il y a des micaschistes très feuilletés, dont le plongement va jusqu'à 75° et 80° au sud-est. Ce sont ces mêmes micaschistes qui s'exploitent pour dalles, dans toute la vallée, au-dessus et au-dessous de Domodossola.

La 2^e *bande calcaire* se trouve dans les parties hautes du massif du Simplon, vers le milieu de la grande étendue de schistes cristallins. Elle est beaucoup moins apparente et beaucoup moins connue que la précédente. Gerlach l'ignore presque entièrement, sauf dans sa prolongation au nord-est de l'Alpe Diveglia. Ce qui peut expliquer la chose, c'est que les intercalations saccharoïdes y sont beaucoup moins fréquentes, et que sur la route du Simplon on ne voit guère que du calcaire foncé, fortement micacé, mais qui doit avoir certainement une assez grande épaisseur.

Au point culminant du passage du Simplon (2010^m) nous avons observé toutefois quelques bancs de calcaire saccharoïde, qui paraissent exploités temporairement par les gens du pays. On les voit au bord de la route un peu avant la croix, sur versant nord; le calcaire forme cette colline surmontée d'un petit chalet, qui marque précisément le sommet du col. Il paraît se diriger de là à l'ouest dans la direction du Bistenen-pass, mais je manque de renseignements à ce sujet, n'ayant pas pu y aller, et la carte de Gerlach n'en faisant nulle mention.

A l'est, au contraire, nous avons suivi la bande calcaire le long de la route du Simplon, par le Refuge n° 6, jusqu'à la galerie médiane. Vers la galerie supérieure le plongement est de 35° au nord-ouest. De la galerie médiane l'affleurement s'élève en écharpe, pour aller disparaître sous le glacier de Kaltwasser aux environs de la cote 2533^m. Il est probable qu'on en trouvera quelques traces au petit col où viennent se rejoindre les deux glaciers de Kaltwasser et de Terrarossa, sur la frontière d'Italie.

Au-dessus de l'Alpe Diveglia nous avons observé un bel affleurement de cette même bande à la montée du passage de la Forchetta (Pl. 21), ou plutôt un peu plus à l'est, car le passage qu'on nous a fait prendre, en nous le désignant sous le nom de Forchetta, est situé à mi-distance entre le Furgenbaumhorn et le Bortelhorn, tandis que sur les minutes fédérales au $\frac{1}{50000}$ le passage est marqué plus à l'ouest, au pied de la première de ces sommités. Dans le bas de la côte on voit affleurer un gneiss gris finement grenu, qui plonge de 15° à 20° au nord-ouest. Puis, après une montée au travers d'éboulis, on arrive à un beau banc de calcaire saccharoïde, interstratifié de couches plus foncées de cipolin ou de micaschiste, mesurant en tout 13 mètres d'épaisseur et plongeant de 25° au nord-ouest. Par-dessus vient une 30^{m} de mètres de micaschiste granatifère, puis de nouveau un banc de calcaire d'environ 20^{m} d'épaisseur, recouvert à son tour par des schistes micacés et amphiboliques mesurant environ 40^{m} , suivis de gneiss gris compacte, jusque vers le haut du passage, où le plongement est de 5° à 10° au nord-ouest.

C'est sans doute ce gisement que Gerlach a eu en vue, en marquant deux petites taches brunes aux environs de Diveglia, mais il ne paraît pas en avoir connu la situation réelle, car ces taches sont placées beaucoup trop au sud, hors de l'alignement de l'affleurement en question.

Plus à l'est, en revanche, la carte Gerlach marque la bande calcaire dans sa direction naturelle, du col de Valtendra jusque près du lac de Buscagno, et plus loin, au nord-est de l'Alpe Devero, jusqu'au-delà du lac Codelago.

La 3^e bande calcaire fait entièrement défaut sur la carte de Gerlach, et nous-même ne l'avons observée que sur un seul point, savoir en dessous de Bérissal, quelques pas à l'est du Pont sur la Saltine (1409^m). Les variétés sont les mêmes que précédemment, calcaire cristallin gris et calcaire

saccharoïde, mais ce dernier y paraît assez développé. Le plongement est de 50° au nord-ouest. Vu la proximité de la route, ce gisement a donné lieu à plusieurs exploitations, qui se distinguent fort bien de loin. Il est étrange qu'il ait échappé à l'œil exercé de Gerlach.

A l'ouest de ce point la 3^e bande est sans doute cachée sous le glacier, qui occupe tous les environs de Bérisal, Bränden, etc. (Pl. 21).

A l'est on la retrouvera peut-être dans le Steinenthal.

C'est l'étude minutieuse de ces bandes calcaires, et de leurs alignements, qui pourra le plus sûrement résoudre les difficultés orographiques que présente cette région des schistes cristallins.

Je me demande si, à part ces intercalations calcaires, il y a quelque constance et régularité dans la distribution des diverses variétés susmentionnées de schistes cristallins, et s'il deviendra possible par une étude plus prolongée d'y reconnaître un ordre de superposition quelque peu régulier. On aurait de la peine à le croire en voyant de quelle manière, en apparence si irrégulière, ces schistes sont enchevêtrés. Toutefois les Alpes vaudoises m'ont accoutumé à de telles surprises, que je suspends mon opinion jusqu'à plus complètes études.

III. Bande dolomitique de la Ganther.

Les schistes cristallins sont séparés des schistes lustrés par une étroite bande dolomitique, qui contient, sur plusieurs points, du gypse. Nous n'avons pu l'observer que sur une petite portion de son parcours, au versant nord de la vallée de la Ganther (Saltine supérieure).

Au bord de la route, à mi-distance entre Bérisal et Schallberg, vers l'embranchement du sentier qui monte à Eisten, nous avons constaté, à la limite des gneiss et

des schistes lustrés, un calcaire carié jaunâtre, assez friable, et ressemblant quelque peu à nos cargneules des Alpes latérales.

Au-dessus de Eisten, le long du sentier de Stafel, cette bande dolomitique devient beaucoup plus apparente. C'est un calcaire dolomitique blanc, plus ou moins pulvérulent, qui atteint déjà une plus grande épaisseur, et sur lequel serpente le sentier. Un peu plus haut la bande paraît se bifurquer, et au passage du principal torrent, droit vis-à-vis de Bérissal, on rencontre une roche métamorphique grisâtre, très analogue au gneiss, intercalée entre deux bancs dolomitiques (Pl. 21), avec un plongement général d'environ 76° au nord-ouest. J'ai poursuivi la bande dolomitique inférieure jusqu'à Unterstafel (2015^m); elle suit presque constamment le sentier et présente plusieurs variétés de dolomie, depuis les véritables cargneules jaunâtres et les calcaires dolomitiques compacts, plus ou moins blancs, jusqu'à des dolomies sableuses ou saccharoïdes, semblables à celles du Binnenthal.

La prolongation au nord-est est marquée sur la carte de Gerlach, par le col de Stafel et le Jaffischthal, jusque tout au fond de la vallée de Binn. Au col de Stafel Gerlach indique en outre deux lambeaux de gypse, que nous avons pu reconnaître de loin (depuis la Tête de Bärenfallen, au-dessus de Wasen).

Au sud-est, la continuation n'est pas moins évidente. Sous Schallberg, au bord de la Saltine, près du pont abandonné de l'ancien chemin du Simplon, M. Lory a constaté un petit lambeau de gypse, presque vertical, qui lui a paru séparé par une faille des gneiss de la rive gauche, lesquels plongent en sens inverse, c'est-à-dire au sud-est (Pl. 20). Au-delà de Grund la carte de Gerlach indique encore un lambeau dolomitique dans la même direction, au fond des gorges de Nessel, jusque assez haut du côté du Faulhorn. Enfin les deux lambeaux de gypse que l'on voit sur la dite carte au-

dessus de Visperterminen et près du lac de Terminen, appartiennent sans doute encore à la même bande.

IV. Schistes lustrés.

Le chaînon septentrional qui sépare la vallée de la Ganther de celle du Rhône, et qui comprend le Glishorn (2483^m), l'arête de Rosswald, ainsi que les sommets plus septentrionaux Klenenhorn, Tunnetschhorn (2945^m), Bettlihorn (2965^m), Furggenhorn, Eggerhorn (2530^m), etc., est composée de schistes marno-micacés foncés, désignés généralement sous les noms de schistes gris ou schistes lustrés (*glanzschiefer*). Ces schistes sont très feuilletés et peu consistants, sauf dans les parties où ils sont traversés par de nombreuses veinules blanchâtres, irrégulières et rogneuses, de calcite ou de quartz.

Dans la vallée de la Ganther ces schistes lustrés succèdent immédiatement à la bande dolomitique, en conservant le même plongement au nord-ouest; tandis que sur le versant opposé ils ont un plongement sud-est d'au moins 70°. Sur la route du Simplon, entre Schallberg et Bleiche Kapelle (1241^m), on voit ces deux plongements contraires se rapprocher de plus en plus de la verticale; et dans le fond des gorges de la Saltine les couches paraissent absolument verticales (Pl. 20). Nous avons donc à faire à un plissement en V très aigu, ou mieux en Y, dont la ligne synclinale correspond à peu près à l'arête de Rosswald.

Cette disposition synclinale est également bien caractérisée dans la traversée du chaînon plus à l'est, de Unterstafel à Termen par Rosswald (1940^m). Près de la bande dolomitique les schistes lustrés conservent le fort plongement de cette dernière au nord-ouest, tandis qu'au-delà de Rosswald, à Termen Alp et jusqu'au bas de la montagne le plongement est partout au sud-est (Pl. 21). Mais c'est surtout sur les flancs du Klenenhorn, dans le haut des escar-

pements qui dominent les gorges de Termen, que le pli synclinal est surtout facile à observer, même à distance. Depuis la chapelle de Rosswald il se voit avec une grande netteté aux environs de la cote 2440^m.

Dans les environs de Schlucht, de grands amas glaciaires empêchent de voir le sous-sol, mais les schistes lustrés se retrouvent au-delà de Termen dans la berge du Rhône, où ils plongent au sud-est de 30° environ.

Dans les gorges de la Saltine au contraire, grâce à la profondeur de l'échancrure, on peut voir le sous-sol jusqu'aux environs de Brieg. J'ai représenté dans mon profil (Pl. 20) la coupe naturelle qu'offrent les escarpements de la Saltine, en réduisant à l'échelle un croquis fait par mon collègue M. Heim. On y voit les schistes lustrés, d'abord verticaux, s'incliner de plus en plus vers le nord, jusqu'au pointement de gypse, sous Lingwurm, dont je parlerai tout à l'heure. En aval du gypse le plongement est de 83° au sud-est; les schistes présentent ensuite diverses irrégularités, puis en amont du pont Napoléon ils prennent un plongement inverse au nord-ouest, qui va en s'affaiblissant jusqu'à 50° environ. Il y a donc là l'indice d'un pli anticlinal, ou même peut-être de deux plis anticlinaux, dont la continuation du côté de Schlucht est entièrement cachée par le glaciaire.

Je dois ajouter que ces derniers schistes, en aval du gypse, sont de couleur plus foncée, et ressemblent quelque peu aux schistes anthraxifères, qu'on retrouve dans la vallée du Rhône plus à l'ouest, aux environs de Tourtemagne.

V. Gypse et dolomie de la vallée du Rhône.

La berge escarpée qui suit la rive gauche du Rhône en amont de Brieg, est formée jusque près de Termen de schistes lustrés. Mais, vis-à-vis de l'embouchure de la Massa dans le Rhône, on voit paraître en dessous de ces schistes un complexe de gypses et dolomies (*schichten-complex*), qui

vers aval se trouvait au-dessous du niveau de la vallée d'alluvion, comme je l'ai représenté dans mon profil Pl. 21. Ces couches ont le même plongement que les schistes superposés, environ 30° au sud sud-est, et s'élèvent obliquement au travers de la berge dans la direction du nord-est. Droit en dessous de Termen elles occupent presque toute la hauteur de la berge, qui présente de haut en bas la coupe suivante, relevée avec M. Heim, mais trop rapidement pour pouvoir en mesurer exactement les épaisseurs :

- a) Erratique occupant tout le replat de Termen.
- b) Schistes lustrés de couleur grisâtre, formant le haut de la berge.
- c) Dolomie saccharoïde, d'un beau blanc, plus ou moins friable; de loin on la prendrait pour du gypse — environ 15 mètres.
- d) Schistes analogues aux précédents, mais en général plus foncés — 4 à 5 mètres.
- e) Dolomie saccharoïde, identique à la précédente — environ 20 mètres.
- f) Gypse grenu, d'un beau blanc — environ 35 mètres.
- g) Banc de quartzite blanc — 2 à 3 mètres.
- h) Gypse identique au précédent — 20 à 25 mètres.
- i) Schistes verdâtres — 10 à 12 mètres.
- k) Schistes argilo-calcaires noirâtres, formant tout le bas de la berge, et disparaissant sous le talus d'éboulement.

Dans son prolongement au nord-est la bande gypseuse quitte bientôt la berge et disparaît sous l'erratique du plateau de Termen, mais on la voit de loin réapparaître dans le profond ravin en dessous de Tunnetsch. La carte de Gerlach marque trois affleurements de gypse dans le même alignement, sous Nasenbord, au-dessus de Mörel; sous Sali, au-dessus de Grengiols; et enfin dans le Binnenthal, vers Ausserbinn (1330^m), presque au pied nord de l' Eggerhorn.

Ce complexe gypso-dolomitique forme évidemment une bande régulière, parallèle à celle des vallées de la Ganther et de Jaffisch, et limite au nord-ouest le chaînon de schistes lustrés (Glisshorn-Eggerhorn), dont nous avons déjà vu la disposition synclinale fortement accusée.

En dehors de cette bande j'ai encore à signaler, dans la vallée du Rhône, deux remarquables gisements de gypse.

C'est d'abord celui de la Saltine inférieure, représenté dans mon profil Pl. 20, d'après le croquis de M. Heim. Le gypse forme là un pointement isolé, qui ne peut se voir que dans les berges de la Saltine et qui n'atteint pas même le sommet de ces berges. La disposition des couches est assez confuse, mais semblerait indiquer une anticlinale. Aucune trace de dolomie n'a pu être observée au voisinage de ce gypse; celui-ci se compose de deux masses, séparées par une 30^m de mètres de schistes lustrés plus ou moins foncés. Le pointement gypseux d'amont n'a qu'une 10^m de mètres d'épaisseur; celui d'aval a 50^m environ et s'élève plus haut, presque jusqu'au sommet de la berge.

J'ai peine à me rendre compte de la valeur orographique de ce pointement de gypse. Il ne peut pas être la continuation de la bande de Termen, qui disparaît au sud-ouest sous le niveau de la vallée. Les amas glaciaires de Schlucht nous en cachent la prolongation nord-est, à supposer qu'elle existe. Nous n'en avons pas trouvé trace dans le ravin qui du Klennenhorn descend vers Schlucht. A l'ouest de la Saltine, dans la gorge qui descend du Glisshorn sur Wickert et le Pont Napoléon, M. Heim a également vainement cherché le gypse, quoiqu'il nous eût semblé qu'on aurait dû l'y retrouver. En revanche la carte de Gerlach en indique, au-dessus de Gamsen, un affleurement qui doit bien être la prolongation, soit du gypse de la Saltine, soit de celui de Termen.

Le second gisement à signaler est celui de Naters, ou,

pour parler plus exactement, du cours inférieur de la Massa. Sur la rive droite de la vallée du Rhône toute la côte est composée de gneiss (Pl. 20 et 21) se rattachant au massif cristallin des Alpes bernoises. Le petit mont qui sépare Naters de la Massa, et forme une sorte de promontoire dans la vallée, fait toutefois exception. Cette colline est recouverte d'énormes amas glaciaires, sous lesquels on voit apparaître divers affleurements de gypse, de dolomie et de schistes lustrés. Les couches en sont très fortement relevées, plongeant d'au moins 70° au sud-est. Dans la partie la plus saillante du promontoire, presque au bord de la route, j'ai trouvé un affleurement de calcaire dolomitique, qui représenterait les couches supérieures du complexe, si la disposition est bien normale. Un peu plus loin, après le pont sur la Massa, dans la berge droite de cette rivière, se trouve un affleurement de gypse; au-delà viennent des schistes lustrés; et plus loin encore, presque au contact du gneiss, se trouve une nouvelle bande de gypse, dont on voit les affleurements sur les deux berges de la Massa. Le plus apparent se trouve dans l'escarpement abrupte de la berge gauche.

Les eaux de la rivière, trouvant là un terrain plus tendre, se sont creusé un large bassin, de forme circulaire, d'où la Massa s'écoule dans le Rhône avec l'aspect d'un fleuve d'égale importance. Mais en amont, au travers des gneiss, le cours de la Massa n'est qu'une gorge étroite et profonde, que l'on traverse, à quelques pas du bassin, sur un petit pont formé de deux planches, au-dessus d'un vertigineux abîme. Cet endroit, à un kilomètre environ de la grande route du Valais, offre un site des plus grandioses, qui n'est jamais visité par les touristes. On fait souvent des lieues pour contempler quelque point de vue en vogue, infiniment moins pittoresque que celui-ci.

VI. Conclusions théoriques.

Dans les cinq chapitres qui précèdent je me suis attaché à faire connaître les faits, m'abstenant à dessein de discuter soit l'âge, soit l'origine des terrains mentionnés, soit même les flexions ou déplacements divers qu'ils doivent avoir subis. C'est à ces considérations théoriques que je veux maintenant consacrer encore quelques pages.

Le plus ancien de tous les terrains que nous avons observés, dans la région du Simplon, est le gneiss d'Antigorio. Nous n'avons eu à ce sujet aucune hésitation, ni aucune divergeance. Il forme ici un bombement régulier qui supporte tous les autres terrains rencontrés dans notre exploration.

Je dois faire observer toutefois que Gerlach⁵ annonce avoir vu, près de Crodo dans le val d'Antigorio, le même gneiss reposer sur les micaschistes, et que, pour expliquer cette disposition, qui l'étonne, il admet dans son Profil I un renversement absolu des couches. Comme je n'ai pas visité ces lieux, je ne puis avoir aucune opinion à cet égard, mais je rappelle le fait, par prudence.

Par l'ensemble de ses caractères, et en particulier par sa disposition plus ou moins massive, ce gneiss a beaucoup de rapports avec la protogine du Mont-Blanc, etc., et doit évidemment jouer le même rôle dans l'orographie des Alpes. Il sera donc considéré, par beaucoup de géologues, comme *terrain primitif*. J'ai plutôt la tendance à voir dans ces roches cristallines de nos Alpes, même massives, des terrains métamorphiques, primitivement sédimentaires, mais je dois déclarer que je n'ai rien pu observer dans ce massif de gneiss qui me fournisse des renseignements positifs sur son origine. La question générale est d'ailleurs trop grave pour la discuter à propos d'un cas particulier, et peut-

⁵ Gerlach. — Penninische Alpen, p. 106.

être serait-il prématuré de chercher à la résoudre maintenant.

Il n'en est pas de même pour les schistes cristallins superposés, qui forment la plus grande partie du Simplon. Leur schistosité beaucoup prononcée; leur variabilité minéralogique dans le sens de l'épaisseur, avec une certaine constance dans le sens de la longueur; les intercalations de bancs calcaires, qui ne sont pas des accidents locaux, mais qui se poursuivent sur de grandes distances; le parallélisme de la schistosité avec ces bancs calcaires, et plus généralement avec les plans de changement pétrographique; tout cela me persuade que ces schistes sont d'origine positivement sédimentaire, et que leurs variations minéralogiques sont dues à des changements dans la sédimentation, par l'apport mécanique de matériaux tantôt plus argileux, tantôt plus sableux, tantôt plus calcaires. En cela je suis bien d'accord avec Gerlach, qui comprenait ces schistes sous la désignation générale de *schistes métamorphiques anciens*.

Mais si ces schistes sont d'anciens sédiments, quand se sont-ils déposés? A quelle époque les rapporter? L'absence complète de fossiles ne permet pas une solution positive, à moins qu'on ne veuille les faire remonter à la phase de sédimentation azoïque. Je ne saurais me ranger à ce dernier point de vue; la présence de sédiments calcaires me paraît toujours un indice de vie organique. Sans doute nous voyons dans la nature actuelle de nombreuses formations calcaires dues à une précipitation hydro-chimique, mais ce sont toujours des cas exceptionnels, donnant lieu à des amas locaux, de forme ordinairement irrégulière, et non à des bancs continus, régulièrement stratifiés. D'ailleurs le carbonate calcaire amené par les eaux minérales n'a-t-il pas été emprunté, par voie de dissolution, aux bancs calcaires d'origine sédimentaire et organique? Plus je vais en

avant, plus je me persuade que la vie organique est le point de départ de toute formation calcaire, et qu'ainsi toute roche composée de carbonate de calcium doit nécessairement appartenir à la phase organique du globe. Si cela est, nos schistes cristallins entremêlés de bancs calcaires doivent appartenir à quelqu'une des époques de l'ère paléozoïque, car ils sont évidemment antérieurs aux terrains triasiques. Préciser davantage me paraît pour le moment impossible.

Mais une autre question se présente : Faut-il considérer tous ces schistes cristallins, depuis la limite du gneiss d'Antigorio jusqu'à la bande dolomitique de la vallée de la Ganther (tout le rose pâle de mes profils), comme une série stratigraphique continue, avec intercalations de trois bancs calcaires d'âges différents ? ou n'y a-t-il peut-être pas dans cet ensemble plusieurs répétitions des mêmes couches, par plissements ou par failles ? En particulier les trois bandes calcaires ne pourraient-elles pas appartenir peut-être à un seul et même banc, qui affleurerait trois fois ?

Gerlach ne paraît pas même s'être posé cette question. Quand je l'ai soulevée dans notre exploration, mes deux collègues, MM. Lory et Heim, l'ont résolue suivant la première alternative, sauf que M. Lory plaçait une faille près du Refuge n° 4, pour expliquer les plongements inverses que l'on observe en ce point (Pl. 20). Pour moi j'avais des scrupules, et plus j'y pense plus ils se fortifient. Non pas que je sois arrivé à une conviction ; je ne connais pas suffisamment ces montagnes pour oser trancher la question, mais je désire tout au moins la poser, comme un point important à élucider dans de futures études. Pour arriver à résoudre cette difficulté, il faudrait, non-seulement explorer en détail tout le massif du Simplon, mais encore en poursuivre les zones constitutives à droite et à gauche, au nord-est et au sud-ouest, pour voir si quelques-unes d'entre-elles

ne viennent pas à se confondre et simplifier ainsi le complexe cristallin.

Si Gerlach eût vécu, c'est lui qui aurait pu, une fois la question posée, arriver à la résoudre, car personne ne connaissait comme lui les Alpes Pennines. Espérons que quelque jeune géologue, doué d'un jarret d'alpiniste et d'une tête à l'avenant, se donnera tôt ou tard la tâche d'étudier cet intéressant problème. Celui qui réussirait, en effet, à démontrer que nos trois bandes calcaires ne sont que trois affleurements d'un même banc, tiendrait la clef orographique de nos Alpes cristallines, car l'élucidation de ce point aurait une portée générale pour l'ensemble de la chaîne des Alpes.

En attendant une semblable étude, voici les arguments qui me porteraient à penser qu'il y a peut-être deux ou plusieurs répétitions des mêmes couches :

1° L'analogie très grande des trois bandes calcaires est une présomption en faveur de leur unité d'âge et d'origine. Leur épaisseur est à peu près la même et varie pour chaque bande dans les mêmes proportions. Leurs diverses variétés pétrographiques se retrouvent également dans chaque bande.

2° Le retour réitéré des mêmes variétés de schistes cristallins me paraît également une présomption dans le même sens. Ces variétés pourraient sans doute provenir de la répétition à divers âges des mêmes conditions de sédimentations, mais si l'on parvenait à retrouver dans ces variations une régularité symétrique, ce serait un très fort argument en faveur des flexions.

3° Les variations alternatives dans le plongement parlent encore dans le même sens. Sans doute, sauf vers le bord septentrional où j'ai signalé des plongements inverses, les schistes inclinent presque toujours au nord-ouest, mais la déclivité n'est ni constante, ni régulièrement croissante ou

décroissante, comme elle l'est dans le gneiss d'Antigorio, et comme il semble qu'elle devrait l'être, sauf exceptions locales, s'il n'y avait pas de plis.

4° L'épaisseur énorme de cet ensemble de schistes rend en outre improbable qu'ils forment une seule masse continue sans répétitions. D'après mes profils à l'échelle, il y en aurait environ 6000 mètres. Je me défie toujours de ces immenses épaisseurs de dépôts. Presque partout où les moyens d'analyse stratigraphique n'ont pas fait défaut, on est arrivé à reconnaître que ces épaisseurs fabuleuses étaient dues à des amplifications, résultant de failles ou de plissements.

5° Enfin la comparaison avec les parties fossilifères des Alpes, me paraît rendre bien probable l'existence de plis dans ce massif. Partout où les caractères paléontologiques ou pétrographiques permettent de reconnaître sûrement les divers horizons stratigraphiques, on reconnaît dans les Alpes des plissements nombreux et intenses, et souvent des failles. Même ici, au Simplon, nous en avons un exemple dans le chaînon des schistes lustrés, qui forme une synclinale fortement comprimée. Comment n'en serait-il pas de même dans la partie centrale de la chaîne, où les mêmes actions ont dû être à l'œuvre plus longtemps, et probablement avec une intensité plus grande ?

Je livre ces considérations à la réflexion de mes collègues et des futurs explorateurs des Alpes Pennines.

Reste le chaînon latéral, qui borde la vallée du Rhône. Quoique fortement métamorphique et jusqu'ici privé de fossiles, son origine sédimentaire ne saurait être contestée. Nous étions unanimes sur ce point, comme aussi pour assigner aux couches qui le composent un âge mésozoïque, et pour une bonne part triasique. MM. Lory et Heim considèrent en effet, ainsi que moi, les gypses, dolomies, cargneu-

les de nos Alpes comme appartenant au trias. Nous n'avons trouvé ici aucun argument nouveau en faveur de cette détermination d'âge, mais aussi aucun argument contraire. Je ne m'y arrêterai donc pas.

Quant aux schistes lustrés, M. Lory les a reconnus identiques à ceux du Mont-Cenis, qu'il a de fortes raisons pour attribuer également au trias. Toutefois je ne serais point étonné que les couches supérieures de ces schistes, celles qui forment le centre de la synclinale, appartenissent peut-être au lias, mais c'est là une impression à l'appui de laquelle je ne puis avancer aucun argument. De même M. Heim trouvait aux schistes plus foncés, qui bordent la vallée du Rhône, une certaine analogie d'aspect avec les schistes antraxifères, mais nous n'avons pas de raisons suffisantes pour les séparer des autres.

Nous aurions donc là, très probablement, un ensemble de couches triasiques, formant une synclinale bien caractérisée, dont l'axe correspondrait à peu près à la ligne culminante de la chaîne, et dont les dolomies et les gypses, relevés de droite et de gauche, formeraient la base.

Entre cette synclinale et la vallée du Rhône, n'y a-t-il pas en outre, comme le donnerait à penser la coupe le long des berges de la Saltine, une nouvelle anticlinale? laquelle nécessiterait à son tour une seconde synclinale, passant aux environs de Termen? Voilà une autre question à résoudre.

Enfin quelle est la relation orographique entre le gypse de Termen et celui de la Massa (ou de Naters)? Sont-ils en superposition régulière? Forment-ils les deux branches d'un pli synclinal? Ou est-ce une récurrence due à une faille? Nouvelle question à laquelle je n'oserais répondre actuellement.

Comme on le voit, les points de doute sont nombreux ; mais pourrait-il bien en être autrement dans ces régions centrales de nos Alpes ? et n'est-ce pas déjà quelque chose que de poser les problèmes à résoudre ?

Si l'on arrive à exécuter un jour le tunnel du Simplon, il pourra contribuer, sans doute, à la solution de plusieurs de ces questions.



Echelle = 1:25.000

pour distances et altitudes.

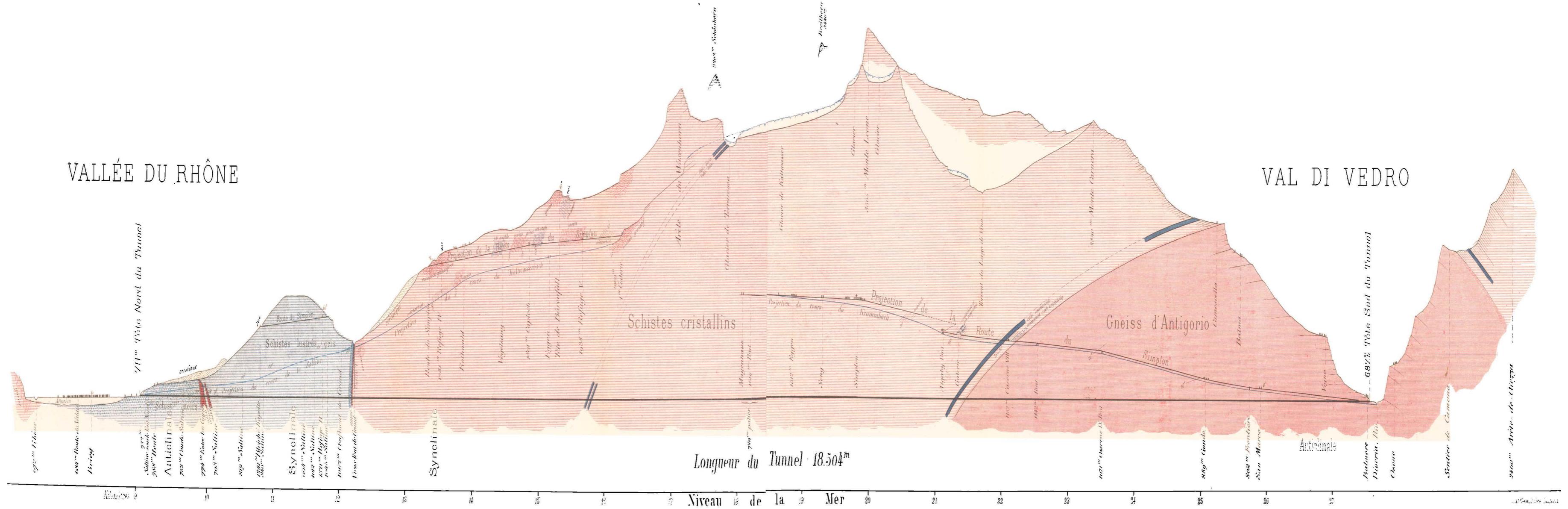
PROFILS GÉOLOGIQUES DU TUNNEL DU SIMPLON PAR E. RENEVIER PROF.

Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. - Vol. XV. - Pl. XX.

Tracé haut débouchant sur Brieg, avec la projection du cours de la Saltine et de la Route du Simplon.

VALLÉE DU RHÔNE

VAL DI VEDRO



Longueur du Tunnel 18.504^m

Niveau de la Mer

