

LE MASSIF CRISTALLIN LIGURE

PAR **Pierre Termier** et **Jean Boussac**¹.

PLANCHE X.

Nous appelons, avec M. S. Franchi², *massif cristallin ligure* le complexe de granite, de gneiss et d'amphibolites du Savonese, qui constitue la côte méditerranéenne entre Celle Ligure et Zinola et qui, dans la montagne, s'avance jusqu'aux approches du Monte San Giorgio, et jusqu'à Corona et à Stella. Ce pays de roches cristallines s'étend sur environ 16 km. de l'Ouest à l'Est, dans sa plus grande longueur; du Nord au Sud, il a, au maximum, 10 km. de largeur. Ses limites sont approximativement indiquées sur la *Carta geologica delle Alpi occidentali*, à l'échelle de 1/400 000, publiée en 1908 par le R. Ufficio geologico, les notations et teintes 34, 35, 36 et γ , s'appliquant respectivement aux gneiss fins (avec micaschistes), aux orthogneiss, aux amphibolites, et enfin au granite. En 1909, M. G. Rovereto³, dans une note fort importante à laquelle nous renverrons souvent le lecteur, a donné deux autres cartes géologiques du massif cristallin ligure: l'une à l'échelle de 1/25 000 et en couleurs, pour la partie nord-ouest; l'autre, dans le texte, à l'échelle de 1/125 000, plus spécialement tectonique, et s'appliquant à la région méridionale.

Il y a un an, nous avons signalé⁴ ce fait étrange que le massif cristallin ligure est, en grande partie, formé de roches écrasées ou *mylonites*; que *ce pays de roches cristallines est un pays broyé*; qu'aucune contrée d'Europe, à notre connaissance, ne montre ni une pareille ampleur, ni une semblable généralité des phénomènes d'écrasement. Nous avons dit, en outre, que le massif en

1. Note présentée à la séance du 17 juin 1912.

2. S. FRANCHI. Nota preliminare sulla formazione gneissica e sulle rocce granitiche del massiccio cristallino ligure. *Bollett. del R. Comitato geol. d'Italia*, (3), vol. IV, 1893, p. 43-69.

3. G. ROVERETO. La zona di ricoprimento del Savonese e la questione dei calciscisti. *Bollett. della Soc. geol. italiana*, t. XXVIII, 1909.

4. P. TERMIER et J. BOUSSAC. Sur l'existence, dans l'Apennin ligure au Nord-Ouest de Gênes, d'un passage latéral de la série cristallophyllienne dite « des schistes lustrés » à la série sédimentaire ophiolitique de l'Apennin; *C. R. Ac. Sc.*, t. CLII, p. 1361. — Sur les mylonites de la région de Savone; *id.*, *ibid.*, p. 1550. — Sur le caractère *exotique* du complexe de gneiss et de granite que l'on a appelé le *massif cristallin ligure*, et sur la séparation de l'Apennin et des Alpes. *Id.*, *ibid.*, p. 1642.

question est violemment introduit, à la façon d'un coin, entre l'Apennin et les Alpes; que c'est lui, par conséquent, qui sépare ces deux éléments de la chaîne tertiaire, d'un style tectonique si différent. Une année a passé sur ces affirmations audacieuses; et aucune voix ne s'est encore élevée pour nous contredire. Nous avons eu, tout au contraire, la joie de voir, dans deux des coupes à travers les Alpes occidentales dessinées par notre ami Émile Argand et publiées par la Commission de la Carte géologique suisse¹, le massif cristallin ligure représenté comme nous l'aurions figuré nous-mêmes, c'est-à-dire comme un coin forcé entre Apennin et Alpes et séparé de l'Apennin et des Alpes par deux surfaces de charriage.

Le moment nous semble venu de préciser nos descriptions. Si nous ne nous trompons pas, et si le massif cristallin ligure est bien ce que nous avons dit, il ne peut manquer de devenir rapidement classique: classique pour les pétrographes, qui ne trouveront nulle part de si beaux phénomènes de broyage et de laminage; classique pour les tectoniciens, qui voudront admirer, après nous, cet étonnant exemple, unique à l'heure actuelle dans la science, d'un lambeau *exotique* séparant mécaniquement deux pays de montagnes, ayant glissé *sous* l'un et ayant chevauché *sur* l'autre. A tous ces visiteurs du Savonese, il faut une description un peu plus détaillée que celle de nos notes préliminaires de 1911. Tel est l'objet du présent travail.

Nous y joignons une planche en couleurs (pl. X) comprenant la carte géologique sommaire du Savonese à l'échelle de 1/100 000, et deux coupes verticales schématiques à travers le massif cristallin ligure, à la même échelle. Il va sans dire que, pour le tracé de la carte, nous avons largement profité des cartes existantes, dressées par nos confrères d'Italie. Nous n'avons point la prétention de donner ici des contours définitifs: les limites de l'Oligocène, qui n'importent pas à l'objet de ce mémoire, sont seulement approximatives; et, pour les autres limites, nous sommes quelquefois, comme nos prédécesseurs, demeurés dans l'incertitude. C'est ainsi que nous n'avons pu dessiner exactement le bord sud de la *fenêtre de Santuario* dans la ville même de Savone: cette *fenêtre* de Permo-Houiller comprend la Madonna degli Angeli et même une forte partie du versant sud de cette montagne; peut-être, comme nous l'avons admis, se ferme-t-elle sous Savone; peut-être aussi s'avance-t-elle en mer.

1. E. ARGAND. Coupes géologiques dans les Alpes occidentales. *Mat. pour la Carte géol. de la Suisse*, nouv. série, livr. XXVII, pl. III (coupes accompagnant la carte spéciale n° 64).

I. — LES ROCHES DU MASSIF CRISTALLIN LIGURE : ROCHES FRAÎCHES,
ROCHES BROYÉES.

Il y a, dans le massif cristallin ligure, du granite, des amphibolites, et des gneiss à biotite. Ces divers termes sont souvent *mylonitisés*, mais de façon très inégale. Comme toujours, c'est le granite qui a le plus souffert ; c'est lui surtout qui est transformé en des roches singulières et innommables, et, à cause de cela, la part qui lui est faite sur les cartes géologiques italiennes est très insuffisante. Sur la carte à 1/25 000 de M. Rovereto, la plupart des assises désignées comme *gneiss tipici* sont des mylonites granitiques. Sur la carte des Alpes occidentales, à 1/400 000, on a rapporté aux gneiss (notation 34) ou au Permo-Houiller (notation 25) beaucoup de granite écrasé et laminé, entre Quiliano et Savone, par exemple sous le village et le fort de la Madonna del Monte.

Pour la description pétrographique des roches fraîches, nous n'aurons que très peu de chose à ajouter au mémoire, déjà cité, de M. S. Franchi, mémoire où le lecteur trouvera un index bibliographique des travaux antérieurs à 1893. Pour ce qui est des mylonites, nous rappelons, une fois pour toutes, que les roches singulières et aberrantes qui résultent de l'écrasement n'ont pas échappé à l'attention de nos devanciers. Pareto¹, en 1846, signalait déjà le caractère *protoginique* du granite des environs de Savone. M. de Stefani², en 1887, plaçait dans la série des *apenninites*, sous le nom de *grauwackes*, des sortes de brèches auxquelles il attribuait une origine sédimentaire et qui sont en réalité des brèches de broyage. M. S. Franchi, dans son mémoire de 1893, a montré l'existence de la structure *cataclastique* dans tous les échantillons étudiés par lui, échantillons que l'on sent avoir été choisis, cependant, parmi les moins broyés, les plus frais, les plus semblables aux roches saines des contrées tranquilles. En 1893 encore, M. G. Rovereto³ parlait des *apenninites noduleuses et granitiques* ; et, ce qu'il nommait ainsi, ce sont évidemment nos mylonites. En 1895, le même géologue⁴ décrivait, parmi les gneiss, les amphibolites et les granites du Savonese, des types *bréchiformes* dont l'origine restait pour lui énig-

1. L. PARETO. Descrizione di Genova e del Genovesato, Gènes, 1846.

2. C. DE STEFANI. L'Apennino fra il colle dell'Altare e la Polcevera. *Boll. della Soc. geol. italiana*, t. VI, 1887, p. 235-263.

3. G. ROVERETO. La serie degli scisti e delle serpentine antiche in Liguria. *Atti della Soc. ligustica di Scienze nat.*, anno IV, fasc. II, 1893.

4. Id. Arcaico e paleozoico nel Savonese. *Boll. della Soc. geol. italiana*, t. XIV, 1895, p. 37-75.

matique, des types schisteux dus au laminage, des types *aphanitiques* où l'on reconnaît aujourd'hui nos roches à écrasement complet, et de prétendus *phénomènes de contact*, interprétés comme phénomènes de métamorphisme, mais qui ne sont que l'exagération de l'écrasement sur les bords du massif. Enfin, en 1909, sur la carte à 1/25 000 dont nous avons déjà parlé, M. Rovereto dessinait des bandes de *granite laminé*; tandis que, dans le texte de sa note, il mentionnait çà et là des écrasements, soit dans le granite lui-même, soit dans le Trias ou les roches vertes qui reposent sur le massif granitique. Mais toutes ces mentions restaient timides, incomplètes et imprécises. Personne avant nous n'a vu, semble-t-il, en tout cas personne n'a osé dire que l'écrasement, le broyage, le laminage sont les *traits géologiques dominants, les véritables caractères* du massif cristallin ligure.

GRANITE. — Le granite du Savonese n'est presque jamais absolument indemne de froissement, presque jamais absolument sain : et telle est la raison de l'épithète *protoginique* que lui décernait Pareto. Le massif granitique s'étend de l'Ouest à l'Est, sur 16 kilomètres, du Sud au Nord sur 10 kilomètres, couvrant une surface totale d'au moins 100 kilomètres carrés; il est traversé par quatre ou cinq grandes routes, dont deux très fréquentées : et cependant, pas une seule carrière n'est ouverte dans le granite, pas même pour l'empierrement, tant la roche est fracturée et friable. Ce fait nous a paru très significatif.

Pour se faire une idée à peu près exacte de la véritable nature du granite, il faut remonter la vallée de la Sansobbia au Nord d'Ellera, ou l'un des ravins qui, des hauteurs du San Giorgio, du Bric della Brigna, du Negino ou du Castellazo, descendent vers la Sansobbia; ou bien encore suivre la voie du chemin de fer à l'Ouest du Rio Gea, et pénétrer dans les ravins profonds qui enserrrent le M. Porcheria. Comme toujours, c'est dans le lit même des ruisseaux que l'on trouve les meilleurs échantillons de la roche.

C'est un granite¹ fréquemment porphyroïde, de couleur générale très claire; à grands cristaux assez frais, gris perle, de microcline-micropertite; à cristaux plus fins, très blancs, d'un plagioclase fortement séricitisé; à quartz assez abondant, gris violacé, en grains irréguliers; à biotite noire, très ferreuse, presque toujours en voie de chloritisation et de limonitisation, et s'entourant alors d'une tache verdâtre ou rouillée qui envahit les feldspaths voisins.

1. S. FRANCHI. *Loc. cit.*, p. 59 à 62.

Voici les résultats de l'analyse chimique, par M. Jacques de Lapparent, d'un échantillon minutieusement choisi parmi les galets du lit du Letimbro, à Santuario, et choisi aussi frais que possible et offrant, autant que possible, l'aspect moyen du granite de tout le massif :

SiO ²	68,6
TiO ²	0,3
Al ² O ³	16,5
Fe ² O ³	0,8
FeO.....	2,3
MgO.....	0,6
CaO.....	1,9
K ² O.....	5,6
Na ² O.....	2,8
P ² O ⁵	0,3
Perte au feu.....	1,0
Total.....	<u>100,7</u>

Pour permettre des comparaisons, nous plaçons, dans le tableau suivant, les compositions centésimales : *a*, du granite du Mont-Blanc (d'après MM. Duparc et Mrazec¹) ; *b*, du granite de l'île d'Elbe (d'après M. Manasse²) ; *c*, du granite alcalin laminé (protogine) de la région de Ponte-Leccia, en Corse (d'après P. Termier et J. Deprat³).

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
SiO ²	71,68	69,92	77,50
TiO ²	non dosé	non dosé	0,06
Al ² O ³	14,62	15,68	11,80
Fe ² O ³	non séparé	non séparé	0,41
FeO.....	2,41	4,57	0,72
MgO.....	0,44	0,92	0,65
CaO.....	1,48	1,85	0,39
K ² O.....	5,01	3,18	4,18
Na ² O.....	3,64	4,35	3,10
P ² O ⁵	non dosé	0,24	non dosé
Perte au feu.....	0,77	0,59	1,90
Total.....	<u>100,05</u>	<u>101,30</u>	<u>100,71</u>

Le granite du Savonese s'éloigne des granites alcalins, tels que la *protogine* de Corse ou le granite du Pelvoux, par sa teneur en chaux relativement élevée. Ses analogies sont avec le granite du Mont-Blanc et le granite de l'île d'Elbe. Il ne faut pas oublier

1. L. DUPARC et L. MRACEK. Recherches géologiques et pétrographiques sur le massif du Mont Blanc. *Mém. de la Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève*, t. XXXIII, 1898, n° 1, p. 50.

2. E. MANASSE. Stilbite e foresite nel granito elbano. *Mem. Soc. tosc. di Sc. nat.*, t. XVII, Pise, 1900.

3. P. TERMIER et J. DEPRAT. Le granite alcalin des nappes de la Corse orientale. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLVII, p. 208.

que la roche du Savonese dont nous avons donné l'analyse est fortement séricitisée dans son plagioclase, et que cette transformation secondaire peut très bien avoir renversé l'ordre d'importance relative de la potasse et de la soude. Nous croyons que, si l'on pouvait se procurer un échantillon absolument frais de granite du Savonese, et si l'on en faisait l'analyse, on trouverait une composition fort semblable à celle du granite de l'île d'Elbe. Toutefois, ce rapprochement reste un peu hypothétique, et l'on ne doit, à l'heure actuelle, en tirer aucune conclusion valable sur le lieu d'origine du massif cristallin ligure.

Dans tous les échantillons de granite du Savonese, même les plus frais, même les plus sains, on observe aisément des traces évidentes de froissement et de concassage. C'est la structure cataclastique au premier degré, signalée par M. Franchi: les gros feldspaths sont cassés et leurs morceaux, plus ou moins disjoints, sont recimentés; des veines d'écrasement et de friction (*quetschzonen*), remplies d'un mélange de minéraux finement broyés, parcourent la roche en tout sens, tantôt très visibles à l'œil nu, tantôt perceptibles au seul microscope.

Outre ce granite presque sain, que tout le monde reconnaît immédiatement comme granite, et les mylonites les plus singulières, les plus méconnaissables, les plus innommables, il y a tous les passages. Voici les stades principaux.

C'est d'abord un granite fissuré et bréchiforme. Les fissures à remplissage de débris (*quetschzonen*) deviennent nombreuses et larges; elles découpent le granite relativement intact en morceaux polyédriques de toute forme et de toute dimension. Aux affleurements, la dissolution plus active de ces zones d'écrasement met les gros morceaux de granite en relief. A une certaine distance, on dirait d'un conglomérat ou d'une brèche de granite. La cassure est déjà chaotique, l'aspect général peu granitique. La biotite a complètement disparu; et toute la roche est d'un vert pâle. D'admirables affleurements de cette variété bréchiforme s'observent à la sortie sud du village de Piazza, commune de Stella, dans un petit col où se croisent plusieurs chemins et par où l'on passe du vallon de la Sansobbia à celui du Riobasso.

Dans un deuxième stade, on a un granite incomplètement écrasé, quelque peu laminé. La roche est orientée par le laminage. Des amandes de quartz séparent des lits feldspathiques blancs, tachés de vert, onduleux, que disloquent des joints chloriteux, verdâtres ou rouillés, avec beaucoup de mica blanc secondaire. L'aspect général rappelle un fromage à pâte blanche et à moisissures vertes. Ce type est extrêmement commun, un peu

partout dans le massif: c'est lui qui apparaît sur la route de Savone à Altare, à partir du kilomètre 5; lui encore qui domine aux environs de la Bocchetta, dans le Monte Ciuto, sous le nouveau fort de la Madonna del Monte, enfin dans la vallée du Riobasso. Presque partout, il a été reconnu comme granite; et il se mélange, en effet, avec du granite indemne.

Quand le laminage a été plus intense, on a un troisième stade; et c'est une roche semblable à un gneiss chloriteux, avec des lits grisâtres de quartz, des lits blancs de feldspath, des lits verts de chlorite. Ce troisième type est fréquent dans les bandes dénommées *gneiss tipici* et *gneiss minuti* de la carte de M. Rovereto. On le trouve associé à tous les autres types, et aussi à du granite presque sain, notamment aux environs d'Altare, à la Bocchetta, au Monte Ciuto, au Monte Negino, à Gageragna et à Sanda.

Un quatrième stade correspond à un écrasement incomplet, sans laminage. La roche n'est pas orientée. On y voit encore quelques gros grains de quartz, dans un fin mélange, malgré tout discernable, de feldspath blanc, de chlorite et de séricite. Des joints rouillés, souvent garnis de minces tablettes d'oligiste secondaire, traversent la masse. Plus encore que la roche du deuxième stade, ce type ressemble à un fromage blanc et vert; il va encore avec le deuxième stade et est presque aussi commun.

Viennent ensuite des roches étranges, qui ont perdu tout aspect granitique et dans lesquelles aucun minéral n'est vraiment discernable à l'œil nu. Ces types mylonitiques sont plus rares que les précédents et n'apparaissent guère que sur les bords, ou près des bords du massif, au voisinage des grandes surfaces de friction. On peut distinguer trois degrés encore dans cette *mylonitisation* plus avancée: nous les appellerons les stades 5, 6 et 7.

5 est une roche grise, ou gris verdâtre clair, d'aspect trachytique. La roche est d'apparence peu homogène, sans que l'on puisse donner des noms précis aux diverses taches qui accidentent la cassure.

6 est une *purée* parfaite. La roche est devenue semblable à un pétrosilex, ou à un phonolite, ou à une sorte de cire verdâtre dure. La cassure est esquilleuse, presque homogène. C'est le type *kakirite* de la Laponie suédoise¹ ou le type de la roche compacte de Montrambert², près de Saint-Etienne. Ça et là, on voit

1. P. J. HOLMQUIST. Die Hochgebirgsbildungen am Torneträsk in Lappland. *Livret-guide du XI^e Congrès géol. internat.*, n° 6, Stockholm, 1910.

2. P. TERMIER et G. FRIEDEL. Sur l'existence de phénomènes de charriage antérieurs au Stéphaniens dans la région de Saint-Etienne. *C.R. Ac. Sc.*, t. CXLII, p. 1003. — La roche compacte en question a été trouvée au fond des puits de mine de Montrambert, entre le Houiller et les micaschistes: c'est un granite écrasé.

quelques veinules blanches, ou quelques grumeaux plus clairs, ou encore des taches noires.

7, enfin, correspond au laminage de la purée précédente. C'est un schiste sériciteux, doux au toucher, ressemblant à un talcschiste, avec des zones blanches ou gris clair, et des zones noires. *Même au microscope*, l'aspect granitique a disparu; et la véritable nature de la roche ne peut être établie que par le passage graduel de ce type à tous les autres.

Pour observer tous ces types de mylonites et les voir passer les uns aux autres et se mélanger au granite quasi-normal, il n'y a qu'à suivre la route d'Albissola à Stella, ou encore la route de Savone à Altare, ou à descendre de Cadibona à la Madonna del Monte, ou, enfin, à s'élever de Santuario au Monte Negino par l'un des multiples sentiers de la montagne.

Sur la route d'Albissola à Stella (route de Sassello), les mylonites commencent au village d'Albissola Superiore: ce sont des amphibolites écrasées, bréchiformes. Un peu avant le kilomètre 2, sur la gauche de la route, des travaux de terrassement pour un nouveau cimetière ont mis à jour des roches broyées de divers types, où l'on reconnaît, çà et là, de l'amphibolite et du granite. Entre les kilomètres 2 et 5, la route se tient dans les amphibolites, souvent absolument écrasées, parfois presque indemnes. Un peu au Sud du kilomètre 5, apparaît le granite, que l'on ne quitte plus jusqu'à Piazza, sauf sur quelques centaines de mètres, à Vetriera, où les Schistes lustrés, qui le recouvrent, descendent jusqu'à la route. Ce granite du Riobasso est partout plus ou moins écrasé, brisé, fissuré ou laminé, et l'on y observe toute espèce de mylonites. L'aspect de l'ensemble reste pourtant assez granitique, à cause de l'abondance des grands paquets de granite restés presque intacts au milieu de l'écrasement général. A Vetriera, dans le lit de la rivière, il y a des roches broyées du type Montrambert, et d'autres, grises avec taches noires, qui sont des mélanges mécaniques de granite finement broyé et de Schistes lustrés. A la montée de Piazza, le granite, toujours très mylonitique, est parfois changé en des schistes blancs, luisants, à séricite.

La route de Savone à Altare (route de Cairo-Montenotte) se tient dans le Permo-Houiller très métamorphique, parfois chargé de feldspath et transformé en de véritables gneiss, jusqu'au kilomètre 5. On entre alors dans le granite. La vallée s'élargit; les pentes deviennent moins rocheuses; les terres, au long des sentiers, sont de couleur plus claire, jaunâtre ou blanchâtre. Ce granite est d'abord fortement laminé; il a l'aspect de gneiss.

chloriteux assez régulièrement inclinés vers l'Ouest, le paquet mylonitique reposant, en effet, sur le Permo-Houiller que l'on vient de traverser. Au bout d'un kilomètre environ, ces faux gneiss font place à des mylonites granitiques non orientées, du type 4 (fromage blanc et vert); puis, dans l'escarpement au Sud de la butte 331, viennent des gneiss, bientôt suivis d'amphibolites. Le granite reparaît un instant, très écrasé, un peu après Monte Moro; et, après un nouveau passage de gneiss et d'amphibolites, c'est le granite encore, mylonitique et laminé, que l'on observe au commencement de la montée de Cadibona, jusqu'à ce que tout soit caché par le grand lambeau oligocène. A la sortie de Cadibona, vers la petite chapelle où commence la montée de la Bocchetta, les mylonites reparaissent, faites le plus souvent de granite. Tout le fort de la Bocchetta est sur le granite écrasé. Ce sont encore des mylonites granitiques — surtout les types 2 et 4 — qui affleurent, sur les deux rives du vallon, jusqu'à l'entrée d'Altare. On les retrouve sur la route militaire qui passe, d'Altare, à la vallée de la Bormida. A l'Ouest de cette route militaire, dans le coteau qui sépare le ruisseau d'Altare de la Bormida, on voit assez nettement la mylonite granitique reposer sur des phyllades permo-houillers ou sur des gneiss fins, en petites plaquettes, évidemment associés à ces phyllades.

Sur la route militaire de Cadibona à la Madonna del Monte, on quitte l'Oligocène vers les maisons du point 312 (Cima di Monta) et, tout de suite, on voit affleurer de magnifiques mylonites, où s'associent, bréchiformes, ou complètement écrasées, des variétés gneissiques, amphiboliques et granitiques.

Les amphibolites dominent entre Cima di Monta et les lacets; puis ce sont les gneiss, concassés et laminés de toute façon, qui, dans les lacets de la route, prennent la prépondérance. On est d'ailleurs tout près de l'ancienne base de l'Oligocène, car, à la mylonite, dans les terres de surface, se mélangent des galets. Le granite reste assez rare. Le fort de Monte Ciuto est tout entier sur des gneiss brisés ou concassés. Au delà du fort, le long de la route qui descend rapidement, ce sont encore les gneiss qui dominent, souvent verticaux, traversés par des passages de belle mylonite granitique. Puis, à 1500 mètres, environ, à l'amont de la Madonna del Monte, on entre dans une bande d'amphibolites, un peu altérées, qui n'a pas moins d'un kilomètre de largeur. Ensuite vient le granite, très broyé, presque méconnaissable. C'est lui qui porte le village de la Madonna et le nouveau fort; et on le suit, dans les tranchées de la route neuve,

jusqu'au point 42 de la carte, toujours mylonitique et offrant un indescriptible mélange de toutes les variétés imaginables d'écrasement.

Au Nord de Santuario, les mylonites granitiques sont très intéressantes et d'aspect très varié. Dans le ravin du Lorianò ¹, le contact du Permo-Houiller et de ces mylonites est un peu au Nord de la limite indiquée par M. Rovereto. Ce contact est horizontal. Les phyllades permo-houillers, noirâtres, sont surmontés par une mylonite compacte ou schisteuse, du type 6 ou du type 7, au dessus de laquelle, par exemple sur le sentier qui conduit à la Casa Agrin, vient du granite moins broyé, dont le caractère granitique est de plus en plus reconnaissable. De même, en montant vers le San Giorgio, on traverse, au dessus du Permo-Houiller, des mylonites laminées, d'aspect plus ou moins granitique, formant une large bande dirigée vers le Nord-Est, qui s'en va passer au M. Castellazo. Au delà de cette bande granitique, on coupe une bande de schistes verts et d'amphibolites laminées et altérées (Bric la Gomba); puis on rentre dans une nouvelle région granitique, comprenant le M. Negino, où le granite est à peu près partout laminé, et souvent transformé en des micascistes blancs, à séricite. La carte à 1/25 000 de M. Rovereto ne donne qu'une idée très imparfaite de la répartition, dans ces parages, du granite, des vrais gneiss et des amphibolites : la plus grande partie de ses *gneiss tipici* (teinte brune) et de ses *micascisti gneissici* (hachures verticales rose pâle) correspond à des mylonites granitiques.

Il y a encore de très belles mylonites granitiques aux environs de Pian del Merlo. Toute la bande brune à hachures rouges de la carte de M. Rovereto (*quarziti micacee e scistose*), rapportée par cet auteur au Trias inférieur, est du granite écrasé devenu à peu près méconnaissable, qui ressemble, le plus souvent, à des gneiss tordus et gaufrés, d'un vert clair. On suit ce granite broyé jusqu'au Rio Canova, sur le chemin qui va de Pian del Merlo à San Bartolomeo. Le *granito laminato* et le *granito a grana minuta e microgranito* de M. Rovereto ne peuvent pas en être séparés et ne correspondent qu'à des variétés de mylonites.

GNEISS. — Les gneiss sont assez abondants dans le massif cristallin ligure; ils sont souvent à peu près intacts, indemnes de broyage, ou simplement fissurés, et ils ont gardé une allure plus ou moins réglée. Dans ce cas, les assises sont fréquemment

1. Consulter la carte à 1/25 000 de M. Rovereto, *loc. cit.*

verticales, ou très fortement redressées : et cette allure verticale ou quasi-verticale contraste avec l'allure, toujours voisine de l'horizontale, du Permo-Houiller sous-jacent, et des Schistes lustrés qui forment, au Nord et à l'Est, la couverture du massif.

Nulle part, les gneiss ne sont plus réguliers et plus frais que sur la route de la côte (route de Gênes), entre le port de Savone et Albissola Marina. Ce sont des gneiss à mica noir, alternant avec des micaschistes mous, et avec des quartzites bruns, durs, en petites plaquettes, qui sont des micaschistes très quartzeux, à biotite. Les bancs plongent au Sud-Ouest, ou à l'Ouest, vers Savone ; d'abord très inclinés, à la sortie de la ville, ils deviennent peu à peu presque horizontaux. Il y a deux passages de vraies mylonites, visibles sur la route, sous le M. Pasasco ; mais ces bandes écrasées n'ont, chacune, que quelques mètres de largeur. Partout ailleurs, les roches sont à peu près intactes.

Tout le versant ouest du M. Cucco est formé de roches gneissiques analogues ; mais l'allure des bancs est fréquemment troublée et brouillée, et, au voisinage de la route de Santuario, les assises sont, le plus souvent, verticales. Au Nord de cette bande de gneiss, dans le haut du M. Cucco, et sur la route d'Albissola Superiore à Ellera, les amphibolites, alternant d'abord avec les gneiss, prennent peu à peu la prépondérance.

Une deuxième région très gneissique du massif cristallin ligure apparaît sur l'autre bord de la *fenêtre permo-houillère*, dans la vallée du Lavanestro que remonte la route d'Altare, dans les hauteurs du M. Ciuto et dans la profonde vallée de la Quazola. Il semble bien que cette deuxième région gneissique soit le prolongement de la première, par-dessus la fenêtre où affleure le Permo-Houiller. En somme, de la Bocchetta à Albissola, dans la partie méridionale du massif cristallin ligure, une bande s'étend, dirigée de l'Ouest à l'Est, et large, du Sud au Nord, d'environ 3 kilomètres, bande dans laquelle dominant les gneiss. Cette bande est interrompue entre le M. Curlo et Marmorassi par l'apparition, *en fenêtre*, du Permo-Houiller sous-jacent. Vers la Madonna del Monte, la bande gneissique en question est flanquée, au Sud, d'une bande d'amphibolites, suivie elle-même de la zone granitique dont nous avons déjà parlé et qui est écrasée de façon extraordinaire.

Les gneiss du Lavanestro surgissent, sur la route d'Altare, en un promontoire escarpé, au Sud du point 334 de la carte. Ils sont, là, très redressés, avec plongée au Nord ou au Nord-Ouest,

un peu cassés, un peu laminés aussi. Au Sud, ils confinent à la mylonite granitique; au Nord, aux amphibolites broyées de Monte Moro. Au delà de ces amphibolites, les gneiss forment une nouvelle bande, large d'un kilomètre environ, à assises verticales. Au kilomètre 8, la route traverse encore des amphibolites; puis elle rentre dans des gneiss à allure agitée, tantôt verticaux, tantôt très plats, jusqu'au granite écrasé de la montée de Cadibona.

Aux environs de la Bocchetta, les gneiss sont un peu grenatiformes. Ils ont souvent une couleur rougeâtre, de même que la mylonite granitique : cette couleur tient, sans nul doute, au voisinage de la surface de base de l'Oligocène, surface de base qui est elle-même la base d'un dépôt marin littoral. Parfois très broyés, au point de fournir des mylonites analogues à celles du granite, ils sont tout au moins concassés, divisés, par des fissures, en des paquets plus ou moins indemnes, mais déplacés les uns par rapport aux autres.

Des gneiss identiques, alternant d'abord avec des amphibolites, puis formant seuls la plupart des affleurements, s'observent entre Cadibona et le Monte Ciuto. La couleur rougeâtre continue d'être très fréquente. Certains bancs sont riches en muscovite. La plupart sont brisés et disloqués; quelques-uns sont transformés en de véritables mylonites. La route qui descend du Monte Ciuto à la Madonna degli Angeli offre de beaux exemples de ces gneiss, tantôt concassés, tantôt broyés. La mylonitisation augmente beaucoup vers les mots *C. Paolino* de la carte à 1/100 000 de l'État-Major italien. C'est qu'alors la route s'approche de la limite du Permo-Houiller. Elle franchit ensuite cette limite, et pénètre dans une curieuse mylonite de phyllades et de quartzites permien.

Ce sont encore des gneiss qui prédominent sous le village de Sanda, à l'extrême bord oriental du massif cristallin ligure, tout contre la limite des Schistes lustrés ou des roches vertes qui les accompagnent. Les gneiss de Sanda prolongent vraisemblablement ceux de Savone et d'Albissola. Ils offrent la particularité d'être chargés de veinules et de lentilles d'une *aplite blanche à tourmaline*. Dans l'écrasement de la roche, l'aplite est cassée et plus ou moins dispersée. Les tranchées de la route neuve par où l'on descend de Sanda sur Celle Ligure sont ouvertes, soit dans ces gneiss à veines et lentilles d'aplite, plus ou moins mylonitisés, soit dans les roches vertes des Schistes lustrés, également broyées et bréchiformes : à cause des lacets de la descente, on est tantôt en deçà, tantôt au delà du bord du massif gneissique.

AMPHIBOLITES. — Les amphibolites et les pyroxénites ouralitisées forment une large bande entre Ellera et Albissola Superiore. Cette bande traverse la vallée du Riobasso entre Albissola Superiore et le kilomètre 5 de la route de Sassello, mais elle est, dans cette vallée, beaucoup plus mélangée de gneiss, et même de granite, que dans la vallée de la Sansobbia. Il est probable que, plus à l'Est, vers Gameragna et Sanda, les termes amphiboliques disparaissent presque entièrement.

A l'Ouest de la Sansobbia, la même bande d'amphibolites se prolonge à travers le Monte Cucco, toujours mélangée d'assises de gneiss et d'amas granitiques. Dans le Bric dell' Amore et dans tout le ravin du Rio Fossato, les amphibolites dominent. Leur prolongement vers l'Ouest, ou le Sud-Ouest, n'est interrompu que par la *fenêtre* de Permo-Houiller. Au delà de cette fenêtre, elles reparaissent à Monte Moro, dans la vallée du Lavarestro. On les observe, alternant avec gneiss et granite, sur la route d'Altare, entre Monte Moro et l'Oligocène de Cadibona, et, sur les hauteurs, entre ce même Oligocène et le Monte Ciuto. La bande se poursuit, à travers la vallée de la Quazzola jusqu'à l'arête de Costa de Casa, presque perpendiculairement à la limite du Permo-Houiller.

Outre cette bande principale d'amphibolites, bien indiquée sur la carte géologique italienne à 1/400 000, il en est une autre, large d'environ 1 kilomètre, parallèle à la première et coupée par la route militaire du Monte Ciuto à la Madonna del Monte. Cette bande, non signalée par nos confrères italiens, passe à quelques centaines de mètres au Nord du village de la Madonna. Elle confine, au Sud, à la mylonite granitique.

Quelques autres intercalations de roches amphiboliques, moins importantes et moins continues, apparaissent çà et là dans les gneiss.

Les caractères pétrographiques de ces roches amphiboliques ont été très nettement décrits par M. Franchi : le pyroxène est fréquent dans les types bien conservés, et ce pyroxène est toujours en voie d'ouralitisation ; l'amphibole est souvent chloritisée ; le sphène est très habituel ; le feldspath est saussuritisé plus ou moins complètement. La couleur générale est le vert bleuâtre foncé : quelques variétés, plus amphiboliques, sont presque noires ; d'autres, très altérées, ont une teinte vert clair. La hornblende est presque toujours aisément discernable à l'œil nu. Le grenat n'est pas rare ; et il devient parfois, localement, très abondant.

Souvent intactes et bien réglées — en assises redressées ou ver-

tiques à direction générale Est-Ouest, comme dans la région du Bric dell'Amore —, les amphibolites sont, sur de nombreux points, brisées, ou même broyées. On a alors affaire à des roches bréchiformes d'aspect étrange, de couleur foncée, verte, ou vert bleuâtre, ou vert noirâtre. Les tranchées de la route d'Ellera montrent de nombreux exemples, et très divers, de ces mylonites d'amphibolites. Les plus beaux sont dans le village même d'Albissola Superiore.

Mais les mylonites d'amphibolites sont encore beaucoup plus belles à Monte Moro, sur la route d'Altare. Ce sont des brèches à gros débris, ressemblant, d'un peu loin, à de l'éboulis cimenté, ou à de la moraine. Les débris ont toute grosseur et toute forme; ils sont fréquemment arrondis par le frottement. La pâte qui les entoure est faite de l'écrasement plus complet de la même roche. De semblables brèches affleurent aux environs de Cima di Monta et jusqu'au voisinage du fort du Monte Ciuto.

Quant à la bande d'amphibolites du Sud, entre le Monte Ciuto et la Madonna del Monte, elle a beaucoup mieux résisté à l'écrasement; la plupart des affleurements, sur la route militaire, sont faits d'une amphibolite chloritisée, mais indemne de broyage et possédant encore une allure à peu près réglée.

RÉSUMÉ. — En résumé : la plus grande partie du massif cristallin ligure est faite d'un granite, assez analogue au granite de l'île d'Elbe, généralement mylonitisé; le reste est formé de gneiss et d'amphibolites, parfois alternant ensemble, parfois séparés sous forme de bandes homogènes, grossièrement parallèles. On peut évaluer approximativement à $2/3$, $1/6$, $1/6$, les proportions relatives du granite, des gneiss et des amphibolites.

Le granite occupe toute la partie nord du massif; il forme, en outre, une bande méridionale, bien visible à la Madonna del Monte; enfin, il apparaît, fréquemment, en amas, au milieu des amphibolites et des gneiss.

Les gneiss forment une large bande dirigée de l'Ouest à l'Est, ou du Sud-Ouest au Nord-Est, qui va de la Bocchetta et de Roviaska à Albissola et à Savone, sauf l'interruption résultant de la *fenêtre permo-houillère*.

Les amphibolites constituent deux bandes principales : l'une, qui passe à Monte Moro et à Ellera et qui borde au Sud le principal massif granitique; l'autre, qui passe un peu au Nord de la Madonna del Monte, et qui borde au Nord le massif granitique méridional.

Dans tout cela, malgré l'intensité de l'écrasement, se manifeste une allure : granite, gneiss et amphibolites se répartissent en plusieurs bandes orientées de l'Ouest à l'Est, ou du Sud-Ouest au Nord-Est. Dans les bandes gneissiques et amphiboliques, les couches sont habituellement très redressées : et c'est pour cela qu'il y a une allure d'ensemble.

Cette allure d'ensemble est, très évidemment, indépendante de l'allure des Schistes lustrés qui surmontent le massif, et de l'allure du Permo-Houiller qui en forme le substratum. L'indépendance saute aux yeux, quand on regarde une carte géologique. C'est ainsi que les bandes de gneiss et d'amphibolites sont sensiblement perpendiculaires à la limite des Schistes lustrés ou du Permo-Houiller. Il y a donc discordance complète entre les gneiss et amphibolites, d'une part, et, d'autre part, les phyllades permo-houillères ou les Schistes lustrés. Cette discordance, observable presque partout dans le détail, évidente dans l'ensemble, est *une première raison, et très forte, en faveur de l'origine exotique du massif cristallin ligure.*

II. — LA SURFACE SUPÉRIEURE DE CHARRIAGE.

Si l'on cherche à sortir du massif cristallin ligure par l'Est ou par le Nord, on constate aisément que ce massif est *recouvert* par le complexe des Schistes lustrés et des roches vertes ; qu'il s'enfonce sous ce complexe, suivant une surface ondulée, très souvent presque horizontale, qui, dans son ensemble, plonge faiblement vers l'Est, le Nord-Est ou le Nord. Et si l'on suit l'affleurement de cette surface de contact, on voit bien vite deux choses : d'abord, que les phénomènes de broyage, d'écrasement, de laminage, ne sont nulle part plus généraux et plus intenses qu'au voisinage de l'affleurement en question ; ensuite que des lentilles apparaissent, çà et là, dans le contact, lentilles écrasées ou brisées, faites de quartzites du Trias, ou de marbres phylliteux du Trias, ou de calcaires francs du Trias, ou enfin de phyllades permien.

La conclusion n'est pas douteuse : la surface de contact en question est une surface de charriage. Il y a eu déplacement relatif du massif cristallin ligure et de la couverture qui le surmonte, couverture formée surtout de Schistes lustrés et de roches vertes, mais dont la base était faite de phyllades permien, et de quartzites, de marbres et de calcaires triasiques. Et comme, ainsi que nous l'avons dit, la discordance est grande entre les gneiss et amphibolites d'une part, et, d'autre part, les assises de

la couverture, il est certain, d'ores et déjà, que le déplacement relatif a été considérable.

Suivons pas à pas l'affleurement de la surface de charriage ainsi définie, et précisons les faits ¹.

Le contact part de la côte à Celle Ligure. Caché par l'Oligocène à Celle même, il commence à affleurer, sur la route de Sanda, vers le cimetière de Celle : à partir de là, sa poursuite est très facile. Les affleurements sont nombreux ; et les roches, de part et d'autre du contact, sont fort différentes.

Coïncidant d'abord avec le fond du ravin, l'affleurement de la surface de charriage s'élève, à gauche, vers le village de Sanda. Il est sinueux ; la route est sinueuse aussi. De la sorte, on le recoupe plusieurs fois en montant. A l'Est de cet affleurement, ce sont des serpentines, très rocheuses, mais fissurées et laminées, parfois même broyées ; à l'Ouest, on a des gneiss à veinules et lentilles d'une aplite tourmalinifère. Ces gneiss sont disloqués, concassés. La dispersion des petits amas ou des petites veines d'aplite blanche est curieuse et rappelle les phénomènes analogues signalés par l'un de nous dans les gneiss de l'île d'Elbe. Le contact passe au col même sur lequel est bâti le village de Sanda. De là part, vers le Sud, un chemin qui descend à Albissola. Il suffit de marcher quelques instants sur ce chemin pour voir affleurer des mylonites granitiques, compactes ou schisteuses, du type Montrambert.

Entre Sanda et Gameragna, le chemin se tient dans les roches vertes, serpentine presque toujours, habituellement indemne de

1. Tout ce qui va suivre suppose que le lecteur connaît bien la stratigraphie de la région des Schistes lustrés. Nous rappelons que les Schistes lustrés sont une *série compréhensive métamorphique* d'âge secondaire et tertiaire, dont le terme le plus fréquent est un calcschiste micacé (*Kalkglimmerschiefer*) ; que, dans ces calcschistes micacés, s'intercalent d'innombrables amas de roches vertes (*pietre verdi*) ; que l'on voit, à Cogoleto, et, plus à l'Est, à Gazzo, le Trias former le substratum des Schistes lustrés ; que ce Trias, parfaitement concordant avec les Schistes lustrés, repose lui-même, en parfaite concordance, à Cogoleto et aussi entre Stella et le Monte San Giorgio, sur des phyllades versicolores qui représentent évidemment un faciès du Permien ; que le Trias en question offre exactement le faciès du Trias de la haute Maurienne et de la haute Tarentaise, le faciès du Trias de la Vanoise (quartzites, marbres phylliteux en plaquettes, calcaires francs de couleur blanche où MM. de Stefani et Rovereto ont trouvé des *Gyporelles*, cargneules et gypses) ; que les phyllades, inférieurs au Trias et supposés permien, sont, non pas seulement analogues, mais *identiques* aux phyllades permien semi-métamorphiques du bord ouest de la Vanoise (Modane, Aussois, col de Chavière, Bozel, etc.). Pour toute cette stratigraphie, nous sommes d'accord avec nos collègues italiens MM. Franchi et Rovereto. Mais M. Rovereto, qui attribue comme nous au Permien les phyllades du versant est du Monte San Giorgio, a rapporté au Trias supérieur, dans la région de Montenotte Superiore et dans celle du Monte Ormè, d'autres phyllades versicolores, dont l'identité avec les premiers nous a paru certaine.

broyage et de laminage. Gameragna est bâti, comme Sanda, sur un col, et qui correspond aussi au passage du contact. Le chemin qui descend de Gameragna vers le Sud montre bien vite des mylonites granitiques, tandis que le chemin de Gameragna à San Martino, qui suit les hauteurs, reste constamment dans les roches vertes ou les Schistes lustrés. L'affleurement de la surface de charriage va de Gameragna à Vetriera, suit le lit même du Riobasso jusqu'au kilomètre 6 de la route de Sassello, remonte ensuite assez haut dans le ravin de Cà da Volta, puis, tournant vers l'Ouest, vient franchir au village même de Piazza, chef-lieu de la commune de Stella, l'arête montagneuse entre la Sansobbia et le Riobasso. Ce tracé sinueux implique naturellement la quasi-horizontalité de la surface de charriage aux environs de Vetriera.

A Vetriera, ce sont des Schistes lustrés, calcschistes friables et luisants, horizontaux ou ondulés, qui reposent sur le granite broyé. Ces calcschistes sont bien visibles sur la route même. Dans le lit du Riobasso, on voit affleurer la mylonite granitique, grise et compacte, et aussi des mylonites tachées de noir qui sont des mélanges mécaniques de granite broyé et de calcschiste broyé. Au-dessus de Vetriera, dans les ravins ou sur les pentes, les roches vertes apparaissent, surmontant les schistes.

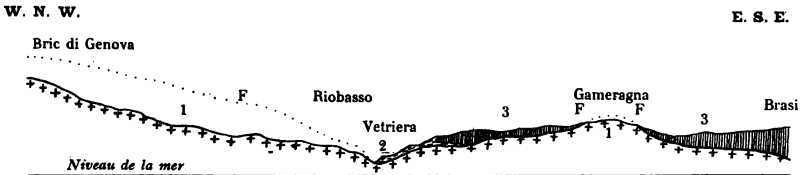


FIG. 1. — COUPE DE LA SURFACE SUPÉRIEURE DE CHARRIAGE ENTRE VETRIERA, GAMERAGNA ET I BRASI. — Échelle d'environ 1/40 000.

1, Mylonite granitique et granite; 2, Calcschistes micacés (Schistes lustrés); 3, Roches vertes; FF, Surface de charriage.

Dans le ravin de Cà da Volta, la surface de charriage plonge vers l'Est, sous un angle d'environ 30 degrés. Sur un granite plus ou moins mylonitique reposent *des brèches très rocheuses*, formant un gros banc de couleur sombre, visible de loin. Ces brèches sont une *mylonite complexe*, faite d'un *mélange de débris de granite, de roches vertes et de calcschistes*. Au-dessus viennent des roches vertes, serpentines ou gabbros, ces derniers de couleur très claire. Les roches vertes sont laminées, parfois même bréchiformes. Il faut arriver jusqu'au haut du ravin, vers le point 366, pour voir ces phénomènes de broyage s'atténuer et disparaître (fig. 2).

A Piazza, le contact est redevenu horizontal. Il semble affleurer sous l'église même, la butte au Sud étant de la mylonite granitique, et la sortie du village vers le Nord montrant, au contraire, des micaschistes verts, friables, horizontaux. On peut se demander si ces micaschistes appartiennent, stratigraphique-

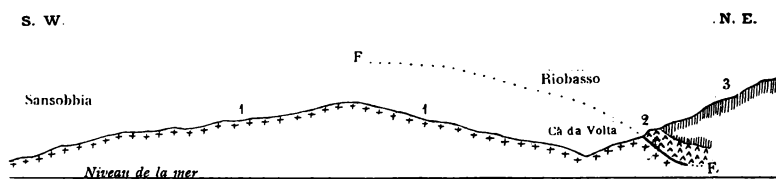


FIG. 2. — COUPE PAR LE RAVIN DE CA DA VOLTA. — Échelle d'environ 1/40 000. 1, Mylonite granitique et granite; 2, Brèche mylonitique complexe; 3, Roches vertes (gabbros); FF, Surface de charriage.

ment, aux Schistes lustrés, ou s'ils ne représentent pas un témoin de phyllades permien, conservé dans la surface de charriage. Un peu plus loin, sur la route de Sassello, une grande carrière est ouverte dans les Schistes lustrés typiques (calcschistes mica-cés), plongeant faiblement vers le Nord-Est.

Nous avons déjà signalé la beauté des mylonites bréchiformes, dans le granite, au petit col situé à deux ou trois cents mètres au Sud de Piazza.

De Piazza à Corona, l'affleurement de la surface de charriage est caché par les cultures. La route de Corona, par Contrado, se tient constamment dans les roches vertes, gabbros à grands cristaux (euphotides), habituellement indemnes de broyage, parfois écrasés (par exemple dans la gorge de la Sansobbia, entre Contrado et Roviato).

Le contact reparaît dans le ravin à l'Ouest de Corona; il se montre alors vertical, ou plongeant très fortement vers l'Est, et l'on voit, dans ce contact, une lentille très écrasée de Trias et de Permien. La coupe est la suivante (fig. 3).

Les calcaires du Trias sont du type à *Gyroporelles* (calcaires francs de la Vanoise). Ils sont entièrement concassés, mais recimentés par de la calcite et redevenus très solides. Ils constituent une aiguille escarpée, haute de 30 à 40 m., et formée de strates verticales, ou quasi-verticales, dirigées vers le Nord. Au pied de cette aiguille calcaire, actuellement exploitée pour pierre à chaux, on a exploité autrefois un petit amas de gypse, invisible aujourd'hui. L'épaisseur des calcaires est, au maximum, de 50 à 60 m. Ils finissent en pointe, dans le ravin, à peu de distance au Sud.

Ce qui est tout à fait curieux et impressionnant, c'est de voir affleurer, sur le versant nord de l'aiguille calcaire, un peu de *quartzites blancs du Trias, mylonitiques et écrasés, ayant, au maximum, 2 m. d'épaisseur*; et, à côté d'eux, du côté du granite, des phyllades permien, gris ou verts, épais de quelques mètres. Plus à l'Ouest, vient le granite, très broyé d'abord, puis, bientôt, simplement froissé et très reconnaissable.

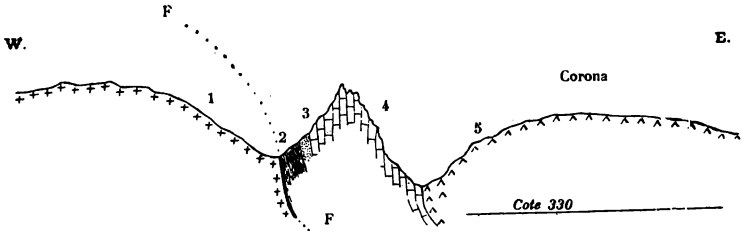


FIG. 3. — COUPE DE LA SURFACE SUPÉRIEURE DE CHARRIAGE A CORONA.
(simple croquis).

1, Mylonite granitique et granite; 2, Phyllades permien; 3, Quartzites; 4, Calcaires triasiques; 5, Roches vertes des Schistes lustrés; FF, Surface de charriage.

Au Nord de Corona, l'affleurement de la surface de charriage tourne vers l'Ouest, dans le vallon qui entame le Bric del Giogo; et le contact se couche graduellement, jusqu'à devenir très vite presque horizontal. Dans ce contact, le Trias et le Permien s'épaississent peu à peu, au fur et à mesure que diminue l'inclinaison. On entre alors dans le territoire cartographié, à l'échelle de $1/25\ 000$, par M. Rovereto. La disposition relative des roches vertes, des calcaires triasiques et des phyllades permien est, grâce à notre confrère italien, très bien connue dans la haute crête qui, de Cascinotto, va au Monte San Giorgio, par Pietra Voiara. Entre les calcaires triasiques francs et les phyllades permien, affleurent des lentilles discontinues de quartzites. Les calcaires finissent eux-mêmes, en une pointe écrasée, entre Permien et roches vertes, sous le sommet de la Biscia, pour reparaître un peu plus loin, à l'origine du ravin de Montegrosso. Sous le sommet du San Giorgio, l'épaisseur du Trias n'est que de quelques dizaines de mètres; mais les phyllades permien ont plus de 200 mètres de puissance. Voici la coupe un peu plus au Sud, par le travers de Naso di Gatto (fig. 4).

Les calcaires francs du Trias ont, ici, 30 ou 40 m. d'épaisseur. Les marbres phylliteux qui apparaissent au-dessous n'ont que quelques mètres; ce sont des *marbres à séricite*, identiques à ceux de la Vanoise. La lame de quartzites, d'allure lenticulaire,

est épaisse d'un mètre. Les phyllades permien sont de couleur sombre, gris sale. avec des intercalations de schistes verts, chloriteux, dérivant probablement de roches pyroxéniques. Ce Permien forme généralement l'arête de la montagne; il disparaît sous l'Oligocène un peu au Sud du point 840, sommet du San Giorgio.

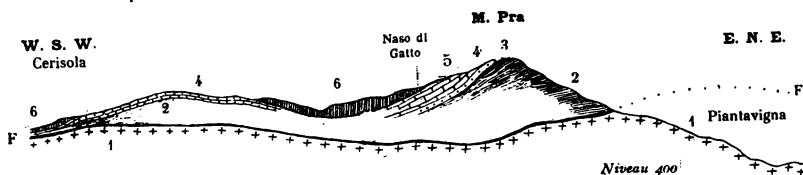


FIG. 4. — COUPE DE LA SURFACE SUPÉRIEURE DE CHARRIAGE A NASO DI GATTO, PRÈS DU M. SAN GIORGIO. — Échelle d'environ 1/25 000.

1, Mylonite granitique et granite; 2, Phyllades permien; 3, Quartzites du Trias; 4, Marbres phylliteux; 5, Calcaires francs; 6, Roches vertes (gabbros); FF, Surface de charriage.

A l'Ouest et au Sud de Naso di Gatto, la surface de charriage, d'allure un peu ondulée, souvent horizontale, s'abaisse peu à peu, de la cote 650 environ à la cote 300; et, sur le granite du massif cristallin ligure qui forme le fond de la vallée du Canova, on voit s'étendre une couverture peu épaisse de phyllades permien, ou de marbres phylliteux, ou enfin de calcaires francs du Trias. La composition de cette couverture est très variable d'un point à l'autre, comme on peut en juger par un simple coup d'œil sur la carte de M. Rovereto. Ça et là, des témoins de roches vertes, respectés par l'érosion, surmontent les terrains de la couverture. Partout, le laminage est intense. C'est dans cette région que les phyllades luisants ont été, un peu arbitrairement, rapportés par M. Rovereto au Trias supérieur, sous le nom de *Scisti sericitici policromi e rasati*. Il nous a semblé évident que ces schistes apparaissent toujours sous les calcaires ou les marbres du Trias, là où ces calcaires et ces marbres ont été conservés; et il nous a semblé, également, que ces mêmes schistes se prolongent régulièrement, à l'Est du ravin de Nuxette, par les schistes de Pian di Bertan, permien pour M. Rovereto. Notre avis est donc que tous ces phyllades luisants et versicolores sont permien, depuis Casa Agrin, au Sud, jusqu'à San Bartolomeo, Vigna, Tascea et Nuxette, au Nord. Mais c'est là une question de pure stratigraphie, et qui n'importe pas à l'objet de notre mémoire.

Sur divers points, cependant, et notamment à San Bartolomeo, on voit des schistes satinés vert clair et blancs, très luisants, s'associer étroitement aux marbres phylliteux du Trias; mais ces

schistes, qui sont fort semblables à certains termes du Muschelkalk inférieur de la Vanoise, ne ressemblent pas au Permien sous-jacent. Les phyllades permienues de la même région sont beaucoup plus sombres, gris ou même noirâtres (*plumbei* des géologues italiens), quelquefois vert sombre; ils sont beaucoup plus métamorphiques que les schistes du Trias, et ils renferment souvent des assises de vrais micaschistes.

Le Permien ne devient vraiment versicolore qu'au Sud de Palazzo Doria, dans l'étroite bande qui traverse le Rio Gea et s'avance jusqu'à Casa Agrin. Cette bande correspond à un synclinal très aigu de la surface de charriage: les schistes qu'elle renferme ont une allure tourmentée; le synclinal est, non seulement très serré, mais déversé vers le Nord, si bien que, sur son bord sud, les schistes permienues semblent s'enfoncer sous le granite. Ces schistes ont des couleurs très variées: ils sont blancs, gris, roses ou lie de vin. Nous retrouverons le même bariolage de l'autre côté du Letimbro, au Sud de la Casa Cima di Prato.

A Cà di Barbe, les phyllades permienues, posés sur les mylonites granitiques, supportent, sans intermédiaire triasique, des Schistes lustrés typiques avec calcaires cristallins noirs et roches vertes associées. A Casa Tozino, ils supportent un petit témoin de Trias: marbres phylliteux et schistes noirs. La figure 5 résume ces divers faits et montre l'allure, quasi-horizontale et onduleuse, de la surface de charriage.

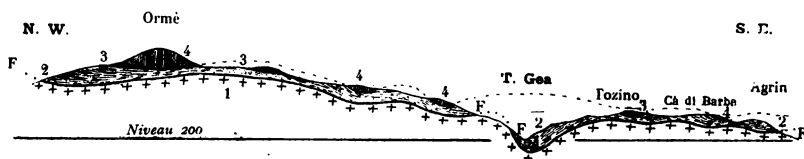


FIG. 5. — COUPE DE LA SURFACE SUPÉRIEURE DE CHARRIAGE ENTRE LE MONTE ORMÈ ET LA CASA AGRIN. — Échelle d'environ 1/25 000.

1, Mylonite granitique et granite; 2, Phyllades permienues; 3, Trias; 4, Schistes lustrés et roches vertes associées; FF, Surface de charriage.

La vallée du Letimbro entame profondément le massif cristallin ligure et coupe même, *au-dessous* de ce massif, la deuxième surface de charriage et le Permo-Houiller métamorphique situé sous elle. L'affleurement de ce Permo-Houiller, entre le confluent du Gea et du Letimbro et les approches de Savone, correspond ainsi à une *fenêtre*, ouverte à travers le paquet de granite, de gneiss et d'amphibolites: et c'est la *finestra del Santuario* parfaitement vue et clairement signalée par M. Rovereto. Nous reviendrons plus loin sur la question de cette fenêtre, quand

nous traiterons de la surface inférieure de charriage. Traversons-la, pour l'instant, et, gravissant les pentes escarpées qui dominent le Letimbro, en face de Cimavalle, venons au témoin de Trias de Prato Grande, posé sur les mylonites granitiques et représentant, par conséquent, un dernier lambeau visible de la couverture sédimentaire superposée au massif cristallin ligure. M. Rovereto a très justement insisté sur l'écrasement manifeste de ce lambeau et sur la signification tectonique d'un pareil broyage.

Le Trias de Prato Grande affleure à la Casa de ce nom, forme l'arête de la montagne entre cette maison et la Casa Cima di Prato, et se prolonge, au Sud du point 359 de la carte à 1/25 000, jusqu'à la Casa Adelaide, et jusque très près du fond du ravin qui descend vers Monte Moro. Il est exploité pour pierre à chaux dans une vaste carrière, reliée, par une petite route, à Monte Moro et à la grande route d'Altare. Vers l'Ouest, il disparaît sous l'Oligocène; au Sud et à l'Est, on le voit partout reposer sur des phyllades permien, qui le séparent des mylonites granitiques. L'allure du lambeau, très simple dans l'ensemble — quasi-horizontalité, avec faible plongée vers le Sud —, est localement accidentée par de brusques sursauts. Un de ces sursauts est visible à l'entrée même de la carrière et fait apparaître, sous les calcaires, une lentille de quartzites blancs ou verdâtres, à grains de quartz rose.

La partie haute de ce Trias de Prato Grande est faite de calcaires francs, du type des calcaires à *Gyroporelles*, absolument *mylonitisés, concassés et broyés*, plus encore qu'à Corona. La roche brisée est redevenue cohérente, et même dure, par une cristallisation secondaire de calcite. Sur l'arête de la montagne, vers Cima di Prato, ces calcaires francs ont au-dessous d'eux des marbres phylliteux, épais de quelques mètres. A la base de la grande carrière, ils reposent, comme nous venons de dire, sur des quartzites : mais, entre les quartzites et les calcaires, il y a une faible épaisseur de schistes luisants et satinés, vert clair ou blancs, qui remplacent ici l'étage des marbres phylliteux. Tout cela, calcaires francs, marbres phylliteux, schistes satinés, quartzites blancs ou verdâtres à grains de quartz rose, ressemble d'une façon surprenante au Trias de la Vanoise.

Les phyllades permien, sous le Trias, sont versicolores comme dans la région de San Bartolomeo et du M. Ormè : gris, verts, lie de vin. Les couleurs foncées et sombres prédominent. L'aspect est peu métamorphique. L'épaisseur est très variable, de 20 mètres à quelques dizaines de centimètres. Vers l'entrée de

la grande carrière, les phyllades permien, sous les quartzites triasiques, sont à l'état de mylonite bréchiforme.

Le lambeau Trias-Permien est posé lui-même sur le granite, plus ou moins mylonitique. Au Sud-Ouest de la carrière, sur la route qui descend vers Monte Moro, les affleurements granitiques les plus rapprochés du Permien sont des brèches à très gros blocs, semblables, de loin, à une moraine. A l'Est de l'arête de Prato Grande, le granite est beaucoup mieux conservé, parfois même indemne de broyage et de laminage. En descendant de Prato Grande à Cimavalle, la roche a un aspect général de gneiss granitoïde. Ce n'est qu'au bas de la descente, dans les 40 derniers mètres comptés suivant la verticale, que le granite est, de nouveau, complètement broyé. Cette mylonite de base repose sur le Permo-Houiller métamorphique et correspond à la surface inférieure de charriage.

La bande brune à quadrillage rouge de la carte de M. Rovereto (*scisti sericitici con anageniti*) correspond à la fois, nous a-t-il semblé, aux marbres phylliteux du Trias et aux phyllades permien.

La figure 6 résume cette description. Entre les deux surfaces de charriage, la supérieure et l'inférieure, l'épaisseur des granites plus ou moins mylonitisés, autrement dit l'épaisseur du massif cristallin ligure, n'est guère que de 250 mètres.

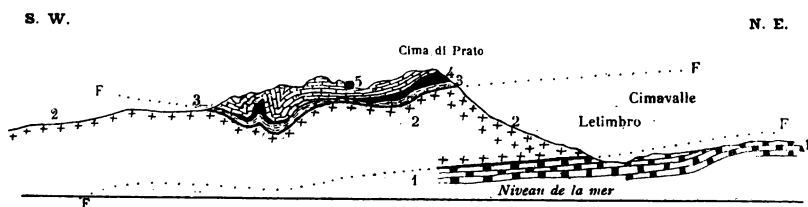


FIG. 6. — COUPE DU LAMBEAU TRIASIQUE DE PRATO GRANDE MONTRANT LES DEUX SURFACES DE CHARRIAGE ET LE BORD DE LA FENÊTRE DE SANTUARIO (à droite),
Echelle d'environ 1/25 000.

- 1, Permo-Houiller métamorphique; 2, Mylonites granitiques; 3, Phyllades permien; 4, Quartzites et marbres phylliteux; 5, Calcaires francs du Trias; FF, Surfaces de charriage.

Ici se termine nécessairement l'étude de la surface de charriage supérieure. Elle n'affleure, ni à l'Ouest de Prato Grande, ni au Nord de Pian del Merlo, à cause de l'Oligocène qui la cache. Entre le M. San Giorgio et Cairo-Montenotte, le manteau oligocène est fréquemment déchiré : on voit alors apparaître les phyllades permien ou les calcaires du Trias, non plus à peu près horizontaux, mais ployés en un système serré de plis aigus, de

direction Est-Ouest. Plus au Nord, sont les Schistes lustrés et les roches vertes. Tout cet ensemble, Schistes lustrés et roches vertes du Bric del Tesoro, phyllades permien de Martinetto et de la gare de Cairo, calcaires triasiques de Cairo et des étroites bandes au Sud de Montegoso, appartient évidemment au pays qui surmonte la plus haute des deux surfaces de charriage, c'est-à-dire au *pays apennin*. Mais il n'y a plus d'affleurement visible du massif granitique sous-jacent. Une étroite bande d'Oligocène sépare ce pays apennin des gneiss de Ferrania de Mari, qui sont du Permo-Houiller métamorphique et se rattachent certainement au substratum *alpin*. Qu'il y ait eu, dans cette région de Cairo-Montenotte, des déplacements horizontaux, c'est ce dont on ne peut douter : les mylonites, en effet, sont très fréquentes et les étirements manifestes. Immédiatement au Sud de Cairo, au passage à niveau qui est à côté de la gare, le Trias affleure, à l'état d'une mylonite de calcaire ; et sous les couches calcaires, ployées en un dôme surbaissé, on voit affleurer les schistes permien, luisants et satinés, un peu rosés ou gris, avec intercalation d'une belle brèche de friction épaisse de 0 m. 50 à 1 mètre. Dans les vastes carrières qui entament la colline de Santa Margherita, les calcaires triasiques sont souvent broyés et concassés. Enfin, dans tout le pays raviné compris entre Montegoso, Pian di Francia et la Rama, au contact des synclinaux aigus de calcaires triasiques et des phyllades permien qui les enclavent, les indices abondent de violents froissements et de larges suppressions d'assises : quartzites et calcaires apparaissent fréquemment en lentilles éparses, discontinues, au milieu des schistes contournés et plissés en zig-zag. Mais la question de savoir si le massif cristallin ligure passe, sous l'Oligocène, entre les gneiss de Ferrania de Mari et les phyllades de Pian di Francia, à l'état de lame extrêmement mince, ou si ce massif s'amincit jusqu'à zéro entre les deux surfaces de friction désormais confondues, cette question n'a pu être résolue par nous.

III. — LA SURFACE INFÉRIEURE DE CHARRIAGE.

Le massif cristallin ligure repose sur les schistes et les gneiss du Permo-Houiller métamorphique. Ce fait, indéniable, s'observe sur tout le bord sud-ouest du massif, depuis Morosso, près de Quiliano, jusqu'à la Bormida di Mallare : tout le long de cette ligne, les assises métamorphiques du Permo-Houiller plongent au Nord-Est, ou au Nord, sous les mylonites granitiques ou gneissiques. Très souvent la surface de séparation est presque hori-

zontale. Elle est toujours onduleuse. Sa pente va parfois à 30 et même, exceptionnellement, à 50 degrés. Cette surface est partout rigoureusement parallèle aux strates permo-houillères voisines; au lieu qu'elle fait un angle variable et quelconque avec les bancs de gneiss ou d'amphibolites du massif cristallin ligure, lorsque, près du contact, ce massif est composé de gneiss ou d'amphibolites.

Mais il y a un autre argument, et bien autrement fort, en faveur de la réelle superposition du massif cristallin ligure au Permo-Houiller : c'est le fait de l'apparition du Permo-Houiller en *fenêtre*, dans une longue et large déchirure du complexe granito-gneissique. La fenêtre en question, dont la véritable signification tectonique a été indiquée pour la première fois, en 1909, par M. Rovereto, a reçu de ce savant le nom de fenêtre de Santuario (*finestra del Santuario*). Tout autour de cette fenêtre la surface de séparation se présente comme sur le bord ouest du massif cristallin ligure : quasi-horizontale, onduleuse dans le détail, parallèle aux strates permo-houillères, discordante par rapport aux gneiss ou aux amphibolites du complexe granito-gneissique.

Tout ceci suppose que l'on puisse aisément distinguer, sur le terrain, les deux systèmes en présence : système permo-houiller ; système de granite, de gneiss et d'amphibolites. En fait, cette distinction nous a, presque partout, paru facile.

Le Permo-Houiller métamorphique de Savone n'est autre que le Permo-Houiller des Alpes-Maritimes italiennes. Nul ne l'a mieux décrit et n'a plus contribué à le faire connaître que M. D. Zaccagna¹. C'est aussi M. Zaccagna qui a signalé les analogies, avec le Permo-Houiller des Alpes-Maritimes, des terrains métamorphiques de Modane et de Bozel, dans nos Alpes de Savoie. D'autres ont montré ensuite que ce faciès métamorphique du Permo-Houiller peut aller jusqu'à la production d'une véritable série cristallophyllienne²; et chacun sait aujourd'hui que ce faciès métamorphique du Permo-Houiller s'étend à toute une zone des Alpes et que, en particulier, les micaschistes et amphibolites de la Vanoise et du Mont-Pourri, les gneiss du Grand-Paradis et de la Levanna, les micaschistes et gneiss du Val Grisanche sont d'âge permien ou carbonifère.

Le Permo-Houiller de Savone³ est surtout formé de schistes

1 D. ZACCAGNA. Sulla geologia delle Alpi occidentali. *Bollett. del R. Comit. geol. d'Italia*, anno 1887, 11 et 12.

2 P. TERMIER. Étude sur la constitution géologique du massif de la Vanoise. *Bull. des Serv. de la Carte géol. de la France*, t. II, 1890-91. — Sur le Permien du massif de la Vanoise. *B. S. G. F.*, (3), XXI, 1893. — Sur les trois séries cristallophylliennes des Alpes occidentales. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXIII, p. 964.

3. S. FRANCHI, *loc. cit.*

sériciteux grisâtres ou noirâtres (*scisti plumbei sericitosi* des géologues italiens), luisants et satinés, alternant avec des schistes très micacés, véritables micaschistes, et avec des chloritoschistes. Les couches sont bien litées, et voisines habituellement de l'horizontale. L'aspect général est souvent peu métamorphique et rappelle le faciès semi-cristallin du Permien à Modane, au col de Chavière, à Bozel et à Champagny.

Çà et là des quartzites micacés, sortes de psammites très cristallins, s'intercalent dans les phyllades et les micaschistes. Ces bancs quartzeux donnent plus de dureté à l'ensemble, et, grâce à leur présence, le Permo-Houiller est souvent très rocheux, coupé de gorges étroites aux versants escarpés.

Des roches schisteuses d'un vert sombre, à chlorite, épidote et zoïsite, qui sont des amphibolites ou des pyroxénites, ou peut-être des microgabbros altérés, s'intercalent aussi dans le complexe métamorphique, par exemple dans la vallée du Letimbro, entre Santuario et Cimavalle.

Enfin, des schistes sériciteux à noyaux feldspathiques et même de véritables gneiss apparaissent sur certains points, nettement engagés dans le Permo-Houiller et faisant partie intégrante de ce système. On observe de semblables roches, de couleur très claire, au débouché de la vallée du Lavanestro, sur la route même de Savone à Altare : en cet endroit, elles sont peu puissantes et alternent avec des micaschistes. D'autres masses de gneiss, beaucoup plus épaisses et plus homogènes, affleurent entre Quiliano et Roviasca, au Sud de la Costa di Casa ; d'autres encore, près de Ferrania de Mari. Ces deux gisements méritent d'être sommairement décrits.

Le village même de Quiliano est bâti sur un Permo-Houiller schisteux (phyllades, micaschistes et gneiss fins), ondulé et, dans l'ensemble, presque horizontal. On reste dans ce même terrain jusqu'au delà de Garzi, quand on remonte la vallée du Quiliano. Un peu plus loin que Garzi, sous le mot *Polveriera* de la carte à 1/100 000, on voit apparaître un étage très rocheux, simulant de loin le granite, mais formé d'un gneiss clair très écrasé, souvent glanduleux, assez semblable aux types classiques de la Levanna et du Grand-Paradis. Cet étage massif, puissant d'au moins 100 m., plonge au Sud-Ouest ou au Sud, puis se relève, et enfin plonge à l'Ouest sous le M. Curlo. Au-dessus et au-dessous de lui sont des phyllades gris et verts, d'un type permien banal. En montant à Roviasca, on traverse tout l'étage. Les gneiss blancs, très écrasés, affleurent dans les derniers lacets de la route sous le village : puis viennent des phyllades et des gneiss fins, dans le village même.

Les gneiss auxquels je donne le nom de Ferrania de Mari sont encore plus massifs, plus rocheux et plus épais que ceux de la vallée du Quiliano ; ils affleurent à quelques centaines de mètres à l'aval de Ferrania et se dressent en escarpements sur les deux rives de la Bormida. Ils forment comme un îlot au milieu des terrains oligocènes et quaternaires. Au Nord de la Bormida, ils s'élèvent jusqu'à la cote 581, c'est-à-dire jusqu'à 200 m. au-dessus de la rivière. Ces gneiss sont de plusieurs types : gneiss œillés, très laminés, avec gros feldspaths en amandes (ces cristaux de feldspath ont une couleur grise) ; gneiss clairs à mica blanc, à cassure très blanche montrant un fin zonage ; intercalations sériciteuses d'un blanc pur ou d'un vert clair ; micaschistes clairs avec grosses paillettes de mica blanc ; gneiss quartzeux à joints onduleux, souvent hématilisés et de couleur rouge. Les gneiss œillés ont un aspect Levanna très prononcé. Tout le complexe est fortement laminé, mais non pas broyé : il n'y a ni brèches, ni mylonites compactes. Les assises sont très redressées : à l'entrée amont de la gorge, elles sont dirigées N. 60° E. et plongent de 50° vers le Sud-Est ; puis elles deviennent verticales ; enfin, la direction devient Est-Ouest avec très forte plongée au Sud.

Ces divers gneiss, ceux du Lavanestro, ceux du Quiliano, ceux enfin de Ferrania de Mari, ne ressemblent pas aux gneiss du *massif cristallin ligure*. Il serait évidemment facile de trouver, ici et là, des échantillons offrant des analogies embarrassantes : mais, sur le terrain, la distinction est aisée. Les gneiss permohouillers sont, d'une façon générale, plus clairs, plus feldspathiques, plus glanduleux, plus riches en muscovite ; leur allure est beaucoup plus régulière et se conforme à l'allure des phyllades et micaschistes voisins, au lieu que les gneiss du massif cristallin ligure sont contournés et brouillés, et sans aucun rapport d'allure avec le Permo-Houiller sous-jacent.

Ainsi l'on peut, presque toujours sans aucune difficulté, trouver sur le terrain l'affleurement de la surface qui sépare le Permo-Houiller métamorphique du massif cristallin ligure. Là même où le Permo-Houiller est à l'état de gneiss, là même où le massif cristallin ligure est à l'état de mylonite compacte et schisteuse, la distinction des deux systèmes est possible. Nous n'avons été un peu embarrassés que dans la vallée du Letimbro, entre Santuario et Riborgo ; mais l'embarras cessa tout à coup, quand nous eûmes saisi le contraste entre la régularité d'allure du Permo-Houiller et la structure chaotique du complexe de granite, de gneiss et d'amphibolites.

Venons donc à l'étude de la surface de séparation du Permo-Houiller et du massif granito-gneissique ; et montrons que cette surface est, comme celle qui sépare le massif cristallin ligure des Schistes lustrés, une surface de charriage. Cela résulte de deux faits, bien constatés l'un et l'autre et très facilement observables : la *mylonitisation* du massif cristallin ligure augmente quand on se rapproche de la surface en question ; le Permo-Houiller lui-même offre, au voisinage de la même surface, des traces évidentes de déplacements horizontaux (glissement des assises les unes sur les autres, ou broyage plus ou moins complet), tandis que, plus loin, ce terrain paraît être resté tranquille ou n'avoir subi qu'un mouvement d'ensemble.

Prenons, pour commencer, le bord ouest du massif cristallin ligure, de la Madonna del Monte, près de Zinola, à la Bormida di Mallare. Aucune ambiguïté dans le tracé de la limite : elle passe un peu au-dessous de la Madonna et un peu au-dessus de Morosso, coupe à Treponti la vallée de la Quazzola, revient sur Quiliano, puis se tient au voisinage de la crête de la Costa di Casa, passe non loin des sommets Curlo et Burotto, descend brusquement à la Bormida et vient couper, un peu à l'Ouest de la route militaire, le promontoire boisé qui sépare la Bormida du ruisseau d'Altare. Plus loin, elle se cache sous l'Oligocène.

Tout le long de cette limite, il n'y a, du côté est, c'est-à-dire dans le massif cristallin ligure, que des mylonites : granite écrasé et réduit en bouillie grise, tachetée de vert et de noir, sous la Madonna del Monte ; mylonite absolument compacte, du type Montrambert, en face de Treponti ; granite broyé, le plus souvent méconnaissable, au-dessus de Quiliano et dans la Costa di Casa ; granite et gneiss écrasés dans toute la région de la Bocchetta ; mylonite blanche et verte, à apparence de fromage moisi, entre Altare et la Bormida. La largeur de cette zone d'écrasement, où il n'y a presque pas d'affleurements indemnes de broyage, est d'au moins 500 m. et dépasse parfois 1000 m.

Du côté ouest, c'est-à-dire dans le Permo-Houiller, c'est tout autre chose : le terrain, à première vue, paraît intact et tranquille ; les phénomènes dynamiques ne sautent pas aux yeux, et il faut les chercher pour les voir. Mais toutes les fois que des gneiss, un peu massifs, s'intercalent dans les phyllades, on constate que ces gneiss sont partiellement broyés ou laminés, sans que le broyage et le laminage aillent cependant jusqu'à rendre la roche méconnaissable. Tel est le cas du gros banc de gneiss massif, épais de 100 m., que nous avons signalé dans la vallée du Quiliano. Les phyllades et les micaschistes ont glissé sur leur cli-

vage ; les gneiss massifs ont été écrasés, d'autant plus qu'ils étaient plus massifs, et d'autant plus qu'ils étaient plus rapprochés de la surface de charriage.

Faisons maintenant, en observant l'affleurement de cette même surface, le tour de la *fenêtre de Santuario*. La seule partie de ce bord qui soit inobservable et de tracé incertain est celle qui est cachée sous la ville de Savone. Toute ambiguïté cesse dès qu'on approche du sommet de la Madonna degli Angeli ; et de là, par le M. Curlo, Nosette, Cimavalle, Santuario, Riborgo et Marmorassi, on peut suivre aisément la limite des deux systèmes. A l'extérieur de la fenêtre, c'est-à-dire dans le massif cristallin ligure, la mylonitisation est constante et presque partout à son comble. A l'intérieur de la déchirure, le Permo-Houiller, dont l'ensemble paraît intact, est accidenté çà et là, dans le détail, de zones de friction, parallèles aux strates ; ses assises gneissiques sont plus ou moins broyées, mais les phénomènes dynamiques se raréfient et disparaissent dès que l'on s'éloigne un peu de la limite. Voici quelques indications locales plus précises.

Toute la montagne de la Madonna degli Angeli est faite de phyllades et de quartzites permo-houillers, plongeant faiblement vers le Sud. Quand on prend, près du sommet de cette montagne, la route militaire qui va du nouveau fort au fort du Monte-Ciuto, on voit bientôt augmenter le pendage de ce terrain métamorphique, et l'inclinaison tourner vers le Sud-Ouest. En moyenne, la pente des strates a la valeur de la pente même de la montagne. Le Monte-Curlo, que la route contourne, est formé en grande partie d'une mylonite bréchiforme de phyllades et de quartzites permo-houillers : les débris ont toute forme et toute dimension, et sont cimentés par une argile rouge, de sorte que les terres, entamées par la route ou par le ravinement, sont d'une couleur générale rougeâtre. En un point, la route coupe une avancée du massif cristallin ligure sous lequel plonge le Permo-Houiller ; et l'on voit alors la mylonite granitique de couleur claire appliquée — avec une inclinaison de 20 ou 30° — sur la mylonite permo-houillère rouge. Plus loin, sous les mots *C. Paolino* de la carte de l'État-major italien, on quitte définitivement le Permo-Houiller et l'on entre dans des brèches de gneiss, puis dans des gneiss simplement brisés, qui appartiennent les unes et les autres au massif cristallin ligure.

Dans la vallée du Lavanestro, c'est au kilomètre 5 de la route d'Altare, vers la maison Nosette de la carte, que passe le bord de la fenêtre. Le Permo-Houiller, visible depuis Lavagnola, est bien lité, bien stratifié, avec une allure presque hori-

zontale. Il renferme quelques bancs de gneiss, généralement écrasés ou laminés. Nous n'avons pas vu, dans ce terrain et le long de la route, de mylonites bréchiformes. Le Permo-Houiller s'enfonce nettement sous les mylonites granitiques, qui débent par des roches très laminées, de couleur verdâtre : et, tout de suite, la vallée s'élargit et l'aspect change. Mais la bande de mylonites complètes, presque méconnaissables, n'a pas moins de 800 m. de largeur. Au delà, les roches prennent l'apparence granitique.

Le bord de la fenêtre franchit alors, du Sud au Nord, l'arête montagneuse, très boisée, qui sépare la vallée du Lavanestro de la vallée du Letimbro ; et on le retrouve, bien observable, à Cimavalle. Le Permo-Houiller, horizontal ou à peu près, et formé surtout de phyllades d'un gris de plomb, porte les maisons du village et affleure dans le lit même du Letimbro. Il est surmonté, sur la rive droite du torrent, par des mylonites granitiques compactes et grises, du type Montrambert ; et cette lame de roches complètement écrasées, parfois un peu schisteuses, a de 20 à 40 m. d'épaisseur. Au-dessus vient du granite, très reconnaissable, simplement laminé : c'est la bande *gneiss tipici* de la carte de M. Rovereto, bande au-dessus de laquelle vient le lambeau triasique de Prato-Grande, que nous avons longuement décrit plus haut.

Au Nord de Cimavalle, le bord de la fenêtre est coupé par la route, puis par le chemin de fer, non loin des maisons de Botta. Il contourne ensuite, par le Nord, la petite montagne 342 (il Briccazzo), et franchit le ravin du Lorianò un peu au Sud de la C. Ravesa¹. Sur ce point, le contact est très net : le granite est transformé en une mylonite complète, de couleur grise, un peu schisteuse ; et cette mylonite est posée sur des phyllades permohouillers horizontaux, noirâtres, non brisés. La surface de charriage est ici horizontale.

A partir du Lorianò et jusqu'à la Segheria vecchia, la carte de M. Rovereto indique de façon inexacte l'affleurement de cette surface de charriage, autrement dit le bord de la fenêtre. L'orphelinat de Santuario, les maisons de San Bernardo et la plupart de celles de Riborgo, sont certainement bâtis sur le Permo-Houiller ; et, de Santuario jusqu'à Savone, le Letimbro coule sur des phyllades ou des quartzites de ce même terrain. Par contre, Giribuoni et Cerreto sont sur des mylonites de gneiss ou d'amphibolites appartenant sans conteste au massif cristallin

1. Suivre cette description sur la carte en couleurs, à l'échelle de 1/25 000, jointe à la note de M. Rovereto (*loc. cit.*).

figure. Ces mylonites ne ressemblent jamais au Permo-Houiller ; mais il est indéniable que le Permo-Houiller de Santuario, de San Bernardo et de Riborgo ressemble à certaines mylonites du massif cristallin ligure : de sorte que l'erreur où est tombé M. Rovereto est très excusable. Elle n'était même que très difficilement évitable. Le Permo-Houiller en question est formé de phyllades luisants, gris clair, quartzeux, un peu feldspathiques, jouant, pour l'œil nu, les mylonites granitiques laminées : et aussi de quartzites vert clair, ou vert bleuâtre, jouant les amphibolites. À Santuario, dans la rivière, les bancs sont inclinés à l'Ouest ou au Sud, assez fortement et inégalement : quelques bancs, même, sont verticaux. Entre Santuario et San Bernardo, la plongée est au Sud et très faible. Sous le pont de San Bernardo, affleurent des quartzites très redressés, simulant des amphibolites. En face de la Segheria vecchia, près du coude de la route, derrière un petit oratoire de la Nativité, on voit une surface de friction, horizontale, trancher le Permo-Houiller ; et dans cet affleurement il y a une faible épaisseur de mylonite bréchiforme. Au-dessus de cette surface, il y a encore des phyllades horizontaux. Ce n'est qu'un peu plus haut, au niveau de la voie ferrée, près de la tête ouest du souterrain, que passe la vraie surface de charriage, au-dessus de laquelle sont des amphibolites verticales, brisées et disloquées.

Dans le grand ravin du Fossato, près de Cerreto, le viaduc du chemin de fer est appuyé sur des brèches d'amphibolites. Plus haut sont des amphibolites verticales.

Partout, dans cette région de Santuario, le caractère le plus commode et le plus sûr pour différencier le Permo-Houiller du complexe granito gneissique est l'allure générale : nette, régulière et le plus souvent voisine de l'horizontale dans le Permo-Houiller ; imprécise, chaotique, souvent verticale, dans les roches du massif cristallin ligure. En se laissant guider par ce caractère, on arrive aisément, dans tous les cas, à préciser le passage de la surface de charriage ; et l'on voit alors que, au-dessus et au-dessous de cette surface, les roches sont, en réalité, pétrographiquement très différentes.

Entre le tunnel situé en face de la Segheria vecchia et les maisons de Savone, l'observation du bord de la fenêtre devient plus difficile, à cause des cultures, des murs de soutènement, des constructions de plus en plus nombreuses. Ce bord passe un peu au-dessus des maisons de Marmorassi, et descend ensuite rapidement vers le Sud. Nous avons déjà dit l'incertitude où nous sommes restés, où l'on restera probablement toujours, quant à

l'extension de la fenêtre sous la ville même de Savone. En prolongeant, avec les dernières directions observées, le bord de la fenêtre, tel qu'on le voit à Marmorassi, et ce même bord tel qu'on le voit à l'Ouest de la Madonna degli Angeli, on a deux lignes qui se coupent sous la ville. Il est clair qu'elles peuvent se dévier et devenir sinueuses ; et la fenêtre s'avance peut-être à quelque distance sous la mer.

C'est sans doute une fenêtre encore, analogue à celle que nous venons de décrire, mais beaucoup plus petite, qui fait apparaître, sous les maisons mêmes d'Altare, les phyllades permo-houillers au milieu des mylonites granitiques. L'affleurement est visible dans le ruisseau, près de l'entrée de la petite ville quand on vient de Savone. Les phyllades offrent le type Vanoise sans feldspath, c'est-à-dire le type semi-métamorphique ; elles sont grises ou noirâtres et plongent faiblement vers le Nord-Est. Tout près de là, à l'Est, au Sud, à l'Ouest et au Nord, il y a des mylonites granitiques ; mais le contact n'est visible nulle part.

IV. — LES DEUX SURFACES DE CHARRIAGE SE RÉUNISSENT-ELLES ?

Nous croyons avoir démontré que le massif cristallin ligure est compris entre deux surfaces de charriage : l'une, la supérieure, qui le sépare d'un manteau formé de phyllades permians, de Trias (quartzites, marbres et calcaires), de Schistes lustrés enfin (calcschistes micacés et roches vertes) ; l'autre, l'inférieure, qui le sépare d'un substratum formé de Permo-Houiller métamorphique. Dans tout le Savonese, c'est-à-dire dans toute la région où l'observation est possible, ces deux surfaces sont, d'une façon générale, peu inclinées, et même souvent horizontales. Elles plongent, en grand, vers l'Est ou le Nord-Est : et c'est pour cela que le massif cristallin ligure vient au jour. Dans le détail, elles sont ondulées ; et c'est une ondulation en forme de dôme qui a permis au substratum permo-houiller de se montrer, dans une longue et large fenêtre, ouverte au travers du massif cristallin ligure, entre Savone et Santuario.

Que ces deux surfaces de séparation soient des surfaces de charriage, des surfaces sur lesquelles les terrains en présence ont glissé, c'est ce dont on ne peut plus douter. L'étude de la surface supérieure nous a montré que, contre cette surface, les terrains de la couverture se laminent, s'étirent, s'égrènent, se disloquent, se pulvérisent ; sous la surface inférieure, le Permo-Houiller est parfois bréchiforme, et, tout au moins, manifeste par l'écrasement de ses bancs gneissiques les efforts de transla-

tion qu'il a subis ; enfin, le massif cristallin ligure tout entier, entre les deux surfaces, est écrasé, broyé et laminé, et toujours ces phénomènes destructeurs sont à leur comble au voisinage de l'une et de l'autre. Le massif cristallin ligure s'est enfoncé comme un coin entre les deux systèmes qu'il sépare, s'écrasant lui-même dans son mouvement de progression, pendant qu'il brisait, disloquait, étirait ou laminait les strates entre lesquelles il s'ouvrait passage.

Les deux surfaces de charriage sont parallèles, au moins approximativement, aux strates voisines. Le coin granito-gneissique s'est donc introduit à peu près parallèlement aux assises des deux séries sédimentaires. Il a glissé *sous* le manteau de Permien, de Trias et de Schistes lustrés, à peu près parallèlement aux couches de ce manteau ; il a glissé *sur* le socle de Permo-Houiller métamorphique à peu près parallèlement aux bancs qui le constituent.

L'épaisseur du coin nous est révélée, dans toute une région du Savonese, par l'existence même de la fenêtre de Santuario. A Cimavalle, cette épaisseur est exactement connue, puisque les deux surfaces de charriage, toutes deux sensiblement horizontales, sont observables, l'une au fond de la vallée, l'autre sur les hauteurs de Prato-Grande : et cette épaisseur est d'environ 250 mètres. L'estimation est un peu moins exacte au Nord de Santuario, entre les phyllades permo-houillers du fond du Loriano, et les schistes permien de Cà di Barbe : on trouve à peu près 200 mètres d'épaisseur de mylonites granitiques. Dans cette région du haut Letimbro, c'est à une lame de couteau, plutôt qu'à un coin, qu'il convient d'assimiler le massif cristallin ligure.

Mais l'épaisseur augmente certainement très vite vers l'Est, le Sud, le Sud-Ouest, encore qu'elle échappe à toute évaluation précise. La largeur occupée par les affleurements granitiques et gneissiques entre Marmorassi et Celle, ou entre Riborgo et Stella, ou encore entre Prato-Grande et Quiliano, est telle que l'épaisseur correspondante ne saurait être inférieure à mille mètres. Cette épaisseur pourrait même atteindre plusieurs kilomètres. Le massif cristallin ligure est un coin qui s'élargit rapidement vers l'Est, le Sud et le Sud-Ouest, qui s'amincit au contraire vers le Nord jusqu'à devenir une simple *lame*, épaisse de 200 mètres.

L'amincissement va-t-il au delà ; va-t-il jusqu'à zéro ? En d'autres termes, les deux surfaces de charriage restent-elles séparées, s'entrouvrant de nouveau et s'écartant, après s'être presque rejointes ; ou bien se rejoignent-elles définitivement, le déplacement relatif du manteau supérieur et du substratum infé-

rieur devenant nul ? Nous avons dit déjà que cette grave question demeure actuellement sans réponse, les dépôts oligocènes cachant partout, au Nord d'Altare et de Pian del Merlo, le massif cristallin ligure et les deux surfaces de charriage.

Le Permo-Houiller métamorphique, bien observable à l'aval d'Altare, forme les deux rives de la Bormida jusque très près de Ferrania de Mari ; il est inégalement métamorphique, riche en micaschistes et en gneiss entre Altare et le Ponte della Volta, phylladique et semblable parfois à des schistes houillers entre ce pont et Ferrania. A l'Est, au Nord et à l'Ouest, il se cache sous l'Oligocène. Un peu à l'aval de Ferrania, il surgit de nouveau, du milieu de l'Oligocène, sous la forme d'une bosse massive, haute de 200 mètres : et il se montre, dans cette bosse, constitué par les gneiss que nous avons décrits, gneiss semblables à ceux de la vallée du Quiliano, semblables aussi à beaucoup de gneiss de la Levanna et du Grand-Paradis. Nous ne croyons pas qu'il soit possible de placer de tels gneiss dans le massif cristallin ligure ; et nous regardons comme nécessaire leur attribution au Permo-Houiller métamorphique.

D'autre part, après une large interruption par le pays oligocène du Bric Lavesino, la couverture schisteuse du massif cristallin ligure reparaît au Nord de Martinetto, dans la profonde vallée de Ferranietta : et l'on voit affleurer des phyllades permien, surmontés, un peu plus au Nord, par du Trias et enfin par des Schistes lustrés et des roches vertes. Mais nulle part on ne voit affleurer, dans cette région, le massif cristallin ligure : du moins n'avons-nous rien vu qui y ressemble. Nous avons dit plus haut que, dans cette contrée, entre le Monte San Giorgio et la ville de Cairo-Montenotte, les phyllades permien sont plissés, en des plis très aigus et très serrés, de direction Est-Ouest ou N. 60° E. Des bandes de calcaires triasiques, reconnaissables de loin à la blancheur de leurs roches, jalonnent quelques-uns des synclinaux. Les plis s'élargissent et deviennent de simples ondulations en arrivant à la Bormida.

Le long des plis aigus, les phénomènes d'étirement sont intenses : calcaires triasiques brisés, éparpillés, lenticulaires ; quartzites apparaissant çà et là ; tous les terrains ployés et contournés en zig-zag.

Le Permien, qui forme la majeure partie de cette région comprise entre Cairo et le San Giorgio, est fait de phyllades friables, donnant, par décomposition, des terres jaunes et rouges. Les schistes versicolores sont rares. La plupart des phyllades

sont grises, fines et luisantes (*scisti rasati* de M. Rovereto), molles et douces sous le pied. Il y a aussi des schistes verts, décomposés, d'un vert olive, ou d'un vert jaune sale, provenant probablement de roches amphiboliques ou pyroxéniques. Nous n'avons pas observé de bancs de gneiss.

Ces phyllades, qui se rattachent indubitablement à celles de la couverture schisteuse du massif cristallin ligure, s'observent jusqu'à Pian di Francia. Entre leurs affleurements les plus méridionaux et le bord nord des gneiss permo-houillers de Ferrania (point 522 de la carte), il y a une sorte de fossé rempli par des poudingues oligocènes ; et ce fossé n'a pas plus de 200 mètres de largeur. De part et d'autre, les assises sont quasi verticales, et dirigées à peu près Est-Ouest. C'est là que passe, redressée, et dirigée Est-Ouest, la mince lame, invisible, à laquelle se réduirait ici le massif cristallin ligure ; ou bien c'est là que passent, confondus momentanément, ou définitivement confondus, les affleurements des deux surfaces de charriage.

A ne considérer que le Savonese, on serait tenté de conclure en faveur de la dernière hypothèse, celle qui souderait définitivement les deux surfaces et qui fixerait un peu au Nord d'Altare, sous l'Oligocène, la terminaison définitive du massif cristallin ligure. Il semble, en effet, que les différences pétrographiques s'atténuent, quand on approche de cette région de Ferrania, entre les deux terrains permien, celui de dessus, qui se rattache à la couverture schisteuse du massif granito-gneissique, et celui de dessous, qui se rattache au Permo-Houiller métamorphique, substratum de ce même massif. D'une façon générale, le métamorphisme est bien moindre dans le Permien de la couverture que dans le Permo-Houiller du substratum ; souvent même, il n'y a aucun métamorphisme appréciable, pour l'œil nu, dans le Permien de la couverture. Mais le métamorphisme paraît augmenter beaucoup à partir de Martinetto ou de la Rama : et c'est une raison — non péremptoire à la vérité — de penser que le déplacement relatif diminue, et tend même à s'annuler, entre le système Permo-Houiller du substratum et le système Permien-Trias-Schistes lustrés de la couverture schisteuse.

Par contre, si l'on regarde le problème de plus loin et de plus haut, on ne peut, suivant nous, manquer d'incliner vers la première hypothèse, celle qui, tout en acceptant comme un fait démontré, l'extrême amincissement, sous Pian di Francia, du massif cristallin ligure, tient cet amincissement pour local et momentané. Il est possible que le déplacement relatif des deux pays, le pays-couverture et le pays-substratum, soit, ici, réduit à

peu de chose : toujours est-il que ce déplacement existe, car, jusqu'aux portes mêmes de Cairo-Montenotte, les symptômes abondent d'un déplacement horizontal du pays-couverture. Nous pensons que, si l'on pouvait arracher le manteau oligocène qui cache, à l'Ouest et au Nord de Cairo, toute la contrée intéressante, on verrait les affleurements des deux surfaces de charriage, contournant Cairo par l'Ouest, s'écarter de nouveau, et comprendre entre eux un pays de plus en plus vaste, prolongeant vers le Nord, à travers les plaines du Piémont, le massif cristallin ligure. C'est par ces considérations d'ordre général que nous allons terminer.

V. — RÔLE TECTONIQUE DU MASSIF CRISTALLIN LIGURE.
 ANCIENNETÉ DE SON TRANSPORT ET DE SA MISE EN PLACE.

De l'étude détaillée du massif cristallin ligure et des deux surfaces qui le limitent, on ne peut conclure qu'une chose : c'est que ce massif est *exotique*, qu'il vient d'ailleurs, et qu'il a été chassé, ou forcé, souterrainement, à la façon d'un coin, entre deux séries sédimentaires, une série-couverture, faite de Permien, de Trias et de Schistes lustrés, une série-substratum faite de Permo-Houiller métamorphique. Cette conclusion, la seule permise à qui ne connaît que le Savonese, est absolument certaine.

Il est inutile, pensons-nous, d'insister sur son importance. Ce n'est pas la première fois que l'on invoque, en matière de géologie tectonique, le déplacement *souterrain* d'un morceau de la lithosphère ; mais c'est, à coup sûr, le premier déplacement semblable dont l'existence soit rigoureusement et péremptoirement démontrée. Les faits sont d'une observation très facile et ne peuvent s'interpréter que d'une seule façon. Le caractère exotique du massif cristallin ligure saute aux yeux.

C'est dans ce sens que la région du Savonese est un pays de nappes, une *zona di ricoprimento*, comme a dit, dès 1909, M. Rovereto. Notre confrère italien a eu le grand mérite — dans un milieu scientifique où la théorie des grandes nappes n'est pas très en faveur — d'oser voir, tout autour de Savone et de Santuario, un recouvrement, et une fenêtre déchirant la nappe et montrant son substratum. Mais son interprétation des phénomènes est restée trop timide ; et il est clair, maintenant, qu'aucune des hypothèses proposées par lui n'est adéquate à la grandeur des faits. Il n'y a pas d'enracinement local du pays charrié ; il y a deux surfaces de charriage et non pas une seule ; et le massif mylonitique est tout aussi indépendant de sa couverture que de son substratum.

Pour essayer d'aller plus loin, et de comprendre ce que peut être ce coin granito-gneissique souterrainement chassé entre deux séries sédimentaires, il faut se rappeler comment nous avons été conduits, dans le printemps de 1911, à explorer le Savonese. Notre but était la recherche de la séparation de l'Apennin et des Alpes.

Nous avons vainement cherché cette séparation au Nord-Ouest de Gênes. Les Schistes lustrés et les roches vertes du pays de Voltri et de Campo Ligure ne sont séparés par aucune discontinuité tectonique des schistes, calcaires et marnes du pays de Gênes : il y a passage graduel de la première de ces deux séries à la seconde, par diminution rapide, mais graduelle, du métamorphisme. Le pays de Voltri et de Campo Ligure appartient à l'Apennin, tout comme le pays de Gênes. C'était plus à l'Ouest qu'il fallait chercher la séparation.

C'est alors que nous sommes venus à Savone, et que le massif cristallin ligure nous est apparu avec son caractère exotique indéniable. Au-dessus de lui règne le pays des Schistes lustrés, le même qu'à Voltri et à Campo Ligure : le pays-couverture, par rapport au coin granito-gneissique, c'est le pays apennin. Au-dessous de lui, s'étend le Permo-Houiller métamorphique, par où commencent les Alpes-Maritimes italiennes, et que rien ne sépare de ces Alpes : le pays substratum, pour le coin granito-gneissique, c'est le pays alpin. Le massif cristallin ligure sépare donc l'Apennin des Alpes. Cette conclusion n'est pas moins certaine que l'origine exotique de ce massif et le rôle de coin qu'il a joué. Il s'est déplacé, à la façon d'un coin souterrainement chassé, entre l'Apennin et les Alpes.

On nous rendra cette justice que nous avons prévu, non pas l'exact emplacement de ce coin compris entre deux surfaces de charriage, mais son existence même en Ligurie. « C'est en Ligurie — disait l'un de nous ¹, dans une conférence à Fribourg, quelques mois avant notre voyage à Gênes et à Savone — c'est en Ligurie que passe la zone de partage des déplacements horizontaux. A l'Ouest de cette province, les Schistes lustrés sont charriés sur la zone du Briançonnais ; à l'Est, ils sont charriés sur le pays dinarique : à l'Ouest, c'est le régime alpin ; à l'Est, le régime apennin. Si, comme je le pense, l'avancée des Dinarides sur les Alpes a déterminé la formation et le charriage des nappes

1. PIERRE TERMIER. Les problèmes de la géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale. *Revue génér. des Sciences pures et appliquées*, numéro du 30 mars 1911.

alpines, les nappes apennines résultent, au contraire, d'un charriage superficiel inverse, d'une sorte de rejaillissement du pays alpin sur le pays dinarique. . . . Au Nord de la Ligurie, les Dinarides auraient recouvert les Alpes ; au Sud de la Ligurie, elles auraient cheminé souterrainement, s'avancant sous la zone des Schistes lustrés et sous le massif corso-sarde. . . . La Ligurie nous apparaît ainsi comme une région très singulière. C'est là que le déplacement relatif du pays alpin et du pays dinarique a été nul ; c'est là que doivent affleurer les deux surfaces de charriage, celle qui est au-dessus du paquet de terrains dinariques enfoncé souterrainement à la façon d'un coin, et celle qui est au-dessous du paquet de terrains dinariques transporté superficiellement à la façon d'un traîneau écraseur ; et c'est là, enfin, que les affleurements de ces deux surfaces doivent se réunir. » La vision était exacte, et ces lignes, écrites avant notre voyage, ont pu lui servir de conclusions.

Il y a là, on en conviendra, un argument bien fort en faveur de la justesse du raisonnement qui nous a permis de prévoir ainsi les phénomènes. L'étude de la Corse orientale d'abord, en 1908, de l'île d'Elbe ensuite, en 1909, nous avait convaincus de la réelle existence des nappes apennines — conformément aux idées générales exposées à ce sujet, dès 1907, par M. G. Steinmann — et du cheminement de ces nappes de l'Ouest à l'Est par rapport au pays dinarique sous-jacent, supposé immobile. Mais, au lieu de supposer le pays dinarique immobile, et l'Apennin se mouvant sur lui de l'Ouest à l'Est, on peut laisser l'Apennin immobile et, par la pensée, faire mouvoir *au-dessous de lui*, en sens inverse, c'est-à-dire de l'Est à l'Ouest, le pays dinarique. C'est à cette deuxième conception — évidemment équivalente à la première pour qui n'a en vue que l'Apennin — que nous nous étions fixés. Elle a l'avantage d'expliquer du même coup l'Apennin et les Alpes, et la profonde différence de leurs styles tectoniques : c'est un seul et même mouvement du pays dinarique, de l'Est à l'Ouest dans la région méditerranéenne, du Sud-Est au Nord-Ouest dans l'Italie du Nord, qui a déterminé l'Apennin et les Alpes, les nappes apennines et les nappes alpines ; mais le pays dinarique, qui s'est ainsi déplacé, a cheminé souterrainement sous l'Apennin, tandis qu'il a marché, en traîneau écraseur, par dessus les Alpes. Tout découle de là : et l'existence de décollements et de glissements dans l'Apennin ; et l'apparence de transport des nappes apennines en sens inverse des nappes alpines ; et les nappes alpines elles-mêmes, et leur étonnante accumulation, et leur fuite prodigieuse vers l'Ouest, ou le Nord-Ouest, ou le

Nord ; et la nécessité, enfin, de l'existence, en Ligurie, d'un affleurement de ce pays dinarique dont le mouvement a tout causé, affleurement compris entre deux surfaces de charriage.

Il est donc, sinon tout à fait et définitivement démontré, du moins infiniment probable que le massif cristallin ligure est un morceau du pays dinarique chassé *sous* l'Apennin et poussé *sur* les Alpes. Le massif cristallin ligure, certainement exotique, appartient presque certainement aux Dinarides. On se rappelle qu'il en est de même, suivant nous¹, du pays profond de l'île d'Elbe, auquel nous avons donné le nom de série I, les séries II et III qui reposent sur elle étant des nappes apennines. Cette série I de l'île d'Elbe comprend le granite du Monte Capanne et de la région de Porto Longone, les gneiss de Porto Longone, les micaschistes de la Calamita, un Trias très cristallin, enfin un Nummulitique avec veines et amas de microgranite : granite, microgranite et gneiss sont très mylonitisés dans la région orientale de l'île. Nous ne doutons pas que, par dessous la Méditerranée, la série I de l'île d'Elbe ne se rattache au massif cristallin ligure ; et le granite du Savonese, avec ses gneiss et ses amphibolites, nous paraît étroitement lié au granite de l'île d'Elbe. Les mylonites de l'île d'Elbe et les mylonites du Savonese sont des symptômes du même phénomène et ont la même signification tectonique.

Sur la question, enfin, de l'ancienneté de ce phénomène, sur l'âge du transport du massif cristallin ligure et de sa mise en place, nous sommes renseignés par la présence de l'Oligocène.

Cet Oligocène, formé surtout de poudingues, contient aussi des lits sableux, et des lits argileux et calcaires avec fossiles, notamment à Varazze, à Cadibona, à Santa Giustina. La faune est, comme on sait, caractéristique du Rupélien.

Les dépôts rupéliens sont transgressifs sur les trois éléments tectoniques en présence, Permo-Houiller métamorphique ou élément alpin, massif cristallin-ligure, couverture schisteuse de ce dernier massif ou élément apennin. Ils sont dénivelés, et certains lambeaux s'observent actuellement à plus de 800 mètres d'altitude ; mais ils ne sont pas plissés. Enfin, les poudingues rupéliens contiennent souvent, particulièrement à Cadibona, des galets de mylonite granitique ou gneissique.

Les grands mouvements tectoniques du pays sont donc antérieurs au Rupélien.

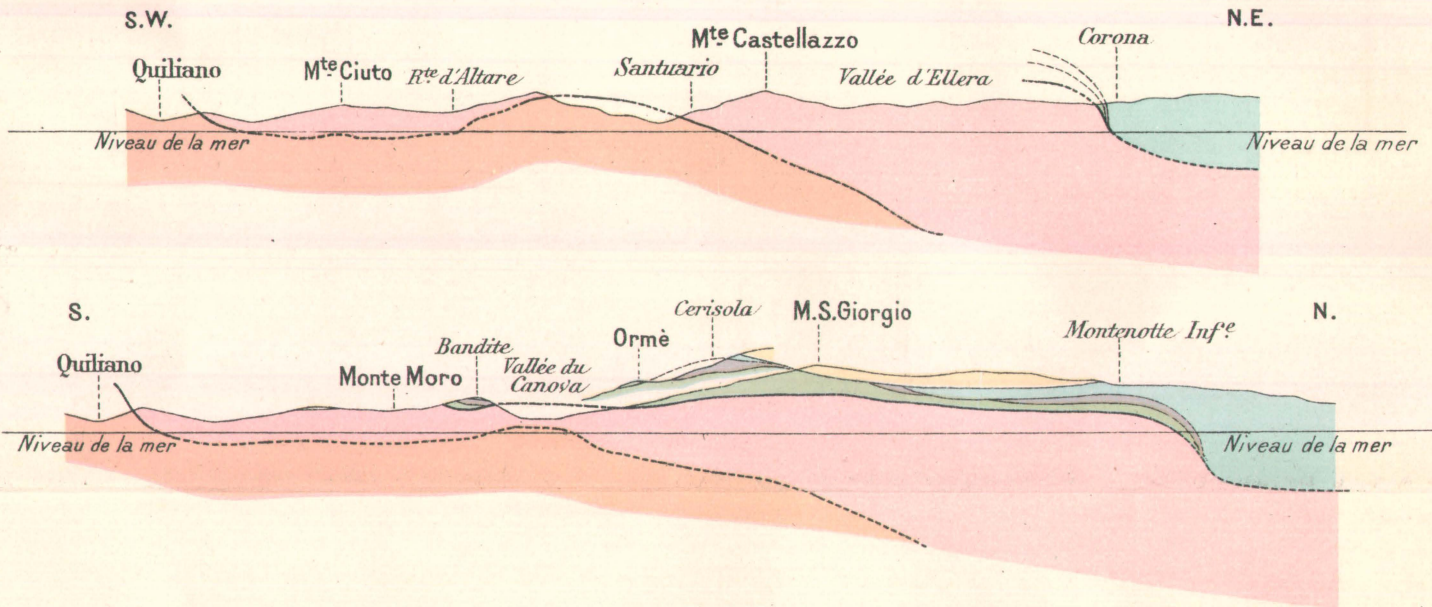
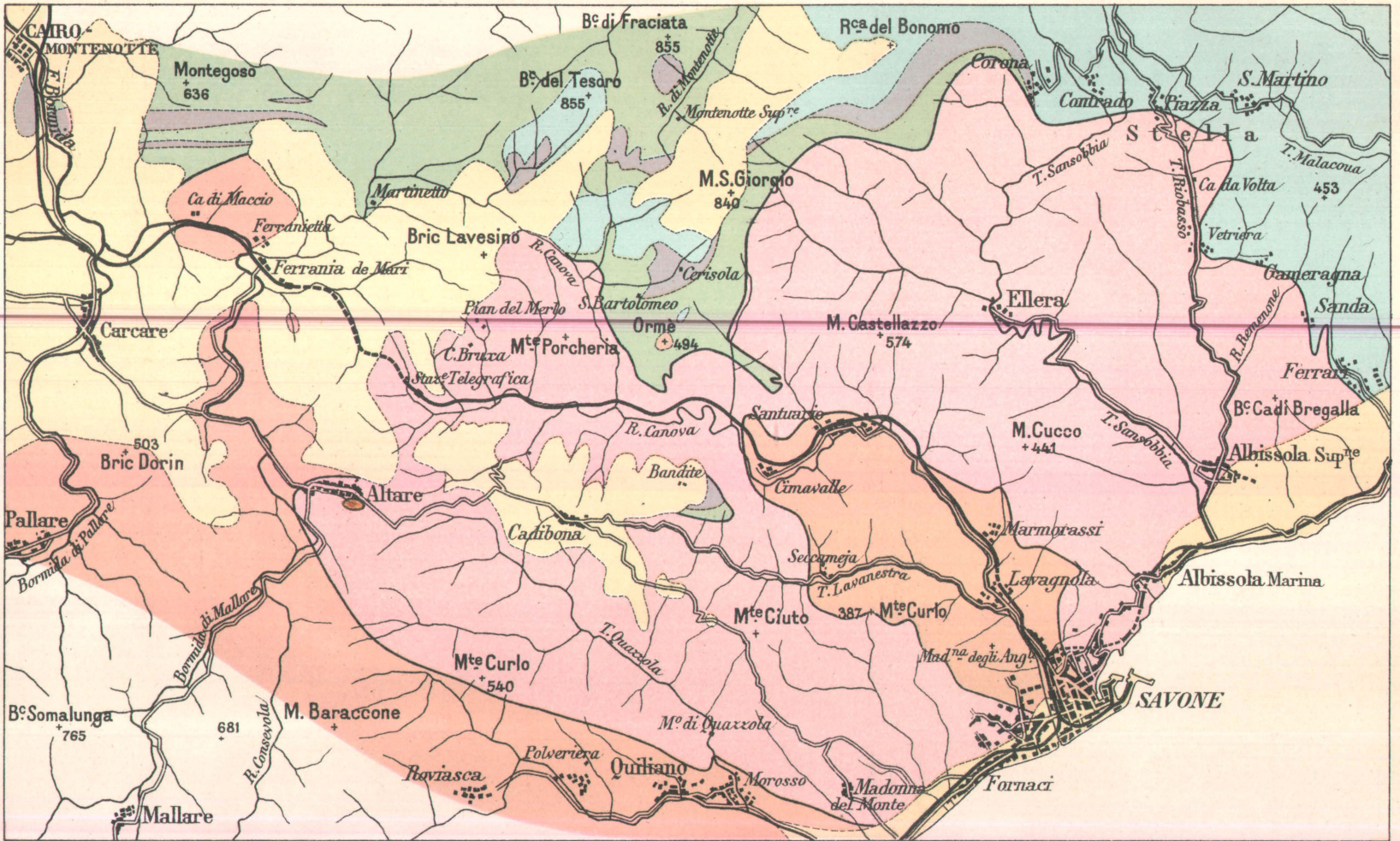
Dès avant le Rupélien, l'Apennin et les Alpes étaient différenciés et séparés. Les nappes apennines sont antérupéliennes :

1. PIERRE TERMIER. Sur la tectonique de l'île d'Elbe. *B. S. G. F.*, (4), t. X, 1910.

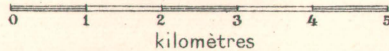
cette conclusion n'étonnera personne. Mais les nappes alpines, tout au moins dans les Alpes-Maritimes, sont du même âge, et donc antérupéliennes : et c'est là une conséquence inattendue.

Si, comme nous le pensons, c'est un seul et même phénomène, continu et relativement rapide, qui a déterminé la formation de toutes les nappes alpines, ces nappes sont plus anciennes qu'on ne croit habituellement : elles sont oligocènes, et non pas miocènes, quant à leur formation et à la presque totalité de leur cheminement. Quelques-unes, il est vrai, ont encore bougé beaucoup plus tard : mais leurs déplacements miocènes n'ont probablement été que de très petits mouvements, en comparaison des immenses transports antérieurement subis.

CARTE ET COUPES GÉOLOGIQUES DU MASSIF CRISTALLIN LIGURE



Echelle 1:100.000



LÉGENDE DES COULEURS

- | | |
|--|--|
| <i>Permo-Houiller de la zone du Briançonnais</i> | <i>Trias</i> |
| <i>Massif cristallin ligure</i> | <i>Schistes lustrés et roches vertes</i> |
| <i>Permo-Houiller de la série apennine</i> | <i>Terrains postalpins (Rupélien-actuel)</i> |