

I.

Sur les micaschistes, les gneiss, les amphibolites et les roches vertes
des Schistes lustrés des Alpes occidentales.

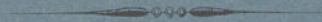
II.

Nouvelles observations géologiques sur la chaîne de Belledonne.

III.


Sur les trois séries cristallophylliennes des Alpes occidentales.

PAR M. PIERRE TERMIER.



*Sur les micaschistes, les gneiss, les amphibolites et les roches vertes
des schistes lustrés des Alpes occidentales;*

PAR M. PIERRE TERMIER.



« La puissante formation des *schistes lustrés* des Alpes occidentales, qui semble embrasser dans un facies uniforme une série continue de dépôts allant du Trias supérieur à l'Oligocène (¹), contient de nombreuses intercalations lenticulaires, et de nombreux bancs plus ou moins étendus de roches cristallines diverses. MM. Franchi, Novarese et Stella ont décrit, depuis 1895, beaucoup de gisements italiens de ces roches cristallines. Les gisements français, sauf ceux du Mont-Genèvre et de l'Eychauda (²), sont encore peu connus. Il y a deux catégories bien distinctes : les roches dont la nature éruptive est certaine; les roches qui sont des sédiments transformés.

» La première catégorie comprend la plupart des *roches vertes*. Les unes ont gardé leur structure : et ce sont des *gabbros*, des *péridotites*, ou des variétés ophitiques ou microlitiques de ces roches (*diabases*, *porphyrites*). D'autres sont entièrement métasomatosées; mais elles *passent* aux premières, et conservent, d'ailleurs, une apparence massive et une quasi-homogénéité chimique : ce sont des *serpentes*, des *variolites*,

(¹) D'après les travaux les plus récents de MM. Marcel Bertrand, Franchi, Kilian, et de l'auteur. M. Steinmann est arrivé à une conclusion analogue pour les *Bündner Schiefer* (1895).

(²) J'ai consacré plusieurs notes et mémoires aux roches de l'Eychauda, Prörel et Serre-Chevalier (près Briançon), qui forment un lambeau de recouvrement, venu de la zone des Schistes lustrés et posé sur le Flysch. A Serre-Chevalier, la série cristalline comprend des *gneiss porphyroïdes*, que j'ai longtemps regardés comme permo-carbonifères, à cause de leur ressemblance avec les gneiss du Grand-Paradis. J'ai constaté, depuis, que ces gneiss porphyroïdes passent aux autres assises.

T.

des *ovardites*, des *prasinites*, et quelques *amphibolites* spéciales. Le laminage les rend souvent méconnaissables à l'œil nu. Nulle part, jusqu'à ce jour, on n'a vu des filons de roche éruptive couper nettement les calcschistes encaissants.

» La deuxième catégorie comprend d'autres *roches vertes*, qui se résolvent, au microscope, en amphibolites chloritisées, ou en micaschistes à biotite chloritisés. Elle comprend aussi des *amphibolites* zonées (à hornblende, actinote ou glaucophane), des *pyroxénites* (plus rares), des *micaschistes*, des *cornéennes*, des *quartzites*, et enfin des *gneiss*. Ceux-ci alternent avec les micaschistes ou avec les amphibolites. Ils sont habituellement très micacés et se débitent en minces plaquettes. Quelques-uns deviennent, localement, *porphyroïdes*. Toutes ces roches sont zonées, et leurs diverses zones ont des compositions chimiques fort différentes. La plupart sont très quartzes. *Les feldspaths sont toujours alcalins*.

» Il y a souvent relation de voisinage entre les roches des deux catégories. Il existe aussi des régions où l'on ne voit que des roches de la deuxième catégorie, formant des bancs presque réguliers, qui alternent avec les calcschistes, et *passent* même aux calcschistes. Les roches des deux catégories s'observent à diverses hauteurs dans la formation des *schistes lustrés*; elles ne sont pas confinées dans un étage particulier.

» Quelle est l'origine des roches de la deuxième catégorie?

» On a parlé du *dynamo-métamorphisme*. Il n'est guère de lithologistes qui n'aient été entraînés par le prestige de ce mot; il n'en est guère non plus qui n'aient constaté, au bout de peu de temps, que ce prestige est vain, et que cette cause de métamorphisme est, en réalité, de peu d'importance. Dans l'espèce, le *dynamo-métamorphisme* n'a rien ajouté, ou presque rien, à la cristallinité des assises. Celles-ci étaient des micaschistes, des *gneiss* ou des amphibolites *avant* l'écrasement et l'étirement qu'elles ont subis. Beaucoup, d'ailleurs, ne sont ni écrasées, ni laminées; et dans celles qui sont écrasées et laminées, on retrouve aisément, à peine obscurcis, tous les caractères microscopiques des autres. Les roches de la deuxième catégorie ne sont donc pas des roches éruptives modifiées par *dynamo-métamorphisme*. Leur structure zonée, leur hétérogénéité chimique, et, dans certaines d'entre elles, la persistance du caractère détritique, indiquent nettement une origine sédimentaire (1). Il n'y a, dès lors, que deux hypothèses plausibles. Ou bien ce sont des *tufs volcaniques sous-marins* (2), qui alter-

(1) C'est aussi l'opinion de MM. Franchi, Novarese et Stella. En 1895, trompé par la liaison des micaschistes de l'Eychauda et de conglomérats éogènes à galets cristallins, j'inclinai à attribuer les premiers à l'écrasement des seconds. En réalité, ce sont deux formations distinctes. Les galets des conglomérats sont pris aux micaschistes: et ceux-ci étaient cristallisés avant tout laminage.

(2) MM. Franchi, Novarese et Stella adoptent cette hypothèse. J'ai proposé une hypothèse analogue pour les schistes cristallins du Permien de la Vanoise.

naient avec les boues argileuses et calcaires; et les roches éruptives sont alors contemporaines de la sédimentation. Ou bien ce sont des sédiments originairement analogues aux autres, mais modifiés, plus profondément que les autres, par des *roches intrusives*; et alors ces dernières sont postérieures au dépôt de la plupart des schistes lustrés; elles peuvent être *éogènes* (1).

» Tous les faits que j'ai observés sont en faveur de la deuxième hypothèse. Nulle part on ne voit rien qui ressemble à un tuf: et, quant aux roches éruptives, elles forment des amas, non des coulées, et leur structure, même au Mont-Genèvre, est celle de roches hypo-abyssiques, non de roches volcaniques. Les gneiss, micaschistes et amphibolites seraient donc l'auréole, parfois prodigieusement étalée, d'une roche intrusive. Cette auréole est, le plus souvent, très riche en silicium, potassium et sodium, à la façon des auréoles des ophites et lherzolites pyrénéennes. Mais la diffusion des fluides émanés de la roche intrusive aurait été, ici, incomparablement plus grande que dans les Pyrénées: elle aurait été capable de *métamorphiser toute la formation*, puisqu'il n'est pas, dans les *schistes lustrés*, une seule assise qui ne soit cristalline. La roche mère, ainsi appauvrie, et devenue peu à peu roche basique, aurait, du même coup, perdu son activité chimique. Quoi de surprenant, dès lors, que, vis-à-vis des calcschistes encaissants, les gabbros restent inertes? Le métamorphisme général aurait remplacé les phénomènes de contact.

» Quant à l'absence de filons dans les calcschistes et dans le Permocarbone sous-jacent, elle est embarrassante pour les deux hypothèses; mais elle semble l'être davantage pour l'hypothèse volcanique que pour l'autre. »

(1) Antérieures, toutefois, à certaines parties du Flysch de Guillestre (M. Kilian). Cf. Schmidt et Steinmann, pour les *ophiolithes des Bündner Schiefer*.

(18 novembre 1901.)

assent avec les bords supérieurs et inférieurs de la cavité...
dans les parties de la cavité. On peut en voir des exemples
originairement analogues aux autres, mais modifiés plus profondément
que les autres par des vices de formation; et alors ces derniers sont plus
remarquables au point de vue des schistes lustrés; elles peuvent être
regardées comme...

Tous les faits que j'ai observés sont en faveur de la division...
de la part de son côté qui ressemble à un lit; et, quant aux
roches cristallines, elles forment des masses, non des couches, et leur struc-
ture, même au point de vue, est celle de roches cristallines, non de
schistes cristallins. Les zones micacées et amphiboliques se trouvent dans
l'axe, parfois profondément étalées, d'une roche cristalline. Cette
structure est, le plus souvent, très riche en silice, potassium et sodium;
à la base des zones les schistes et les zones cristallines. Mais la
différence des zones cristallines de la roche cristalline n'est pas
très grande que dans les schistes; elle n'est que celle de la
composition, mais la formation, puisqu'il n'est pas dans les schistes
une seule cristalline, mais cristalline. La roche cristalline, ainsi qu'on le voit
devenir par la roche cristalline, n'est, du moins, peut-être, son schiste
cristallin. Quel est son schiste, les zones, ainsi que les schistes
cristallins les schistes cristallins? Le schiste cristallin, ainsi qu'on le voit
devenir, les schistes cristallins.

Quant à l'absence de filons dans les schistes et dans le Terrain
cristallin sous-jacent, elle est caractéristique pour les deux hypothèses.
Mais elle semble être favorable pour l'hypothèse volcanique que pour
l'hypothèse cristalline.

1. Ailleurs, toutefois, j'ai observé des filons de la série (M. Kellin)
CA. Schist à l'ouest pour les schistes de la zone cristalline.

(18 novembre 1901)

Nouvelles observations géologiques sur la chaîne de Belledonne;

PAR M. PIERRE TERMIER.

« La chaîne de Belledonne, *sensu lato*, est la bande de terrains anciens, dirigée nord-nord-est, qui forme, de la vallée de la Bonne (affluent du Drac) à la vallée du Rhône, le bord occidental de la *première zone alpine* de Charles Lory. Une suite de dépressions très marquées, qui correspond à une zone synclinale, et où affleurent le Trias et le Lias, la sépare, à l'est, des massifs du Pelvoux, des Grandes-Rousses et du mont Blanc. Huit *cañons*, profonds de 1000^m à 2000^m, tronçonnent la chaîne, et livrent respectivement passage aux eaux de la Bonne, de la Romanche, de l'Arc, de l'Isère, du Doron, du Bon-Nant, de l'Arve et du Rhône.

» J'ai eu récemment l'occasion d'étudier ⁽¹⁾ la région méridionale de la chaîne de Belledonne entre le Pas-de-la-Coche et Valbonnais, c'est-à-dire les massifs de Belledonne, de Taillefer, du Larmet, du Tabor. Voici, brièvement résumées, quelques observations nouvelles.

» *Stratigraphie et lithologie.* — Le terrain fondamental de la chaîne est un terrain primaire, antérieur au Houiller, et, le plus souvent, très métamorphique. Le Houiller (Stéphanien) apparaît çà et là, sous forme de lambeaux posés sur les assises cristallophylliennes, parfois en discordance. On voit aussi quelques lambeaux de Trias et de Lias, témoins de l'épais manteau calcaire qui recouvrait autrefois la région.

» Le terrain primaire antérieur au Houiller est le plus souvent formé de micaschistes, de cornéennes, de gneiss et d'amphibolites, avec quelques rares bancs (très minces) de cipolins. Les gneiss sont fréquemment *basiques*

(1) En partie avec la collaboration de M. Pierre Lory.

(riches en amphibole). Ailleurs, ils sont très *acides* et riches en alcalis, jusqu'à revêtir un faciès leptynitique. Les micaschistes et les cornéennes sont des roches surtout quartzeuses. Il y a aussi, formant des sortes d'îlots plus ou moins étendus qui passent latéralement aux autres types, des schistes noirâtres, luisants, fissiles et friables, à clivage plissé ou ardoisier, ressemblant beaucoup à certains schistes à Graptolites de Bretagne ou des Pyrénées. Ces schistes noirs, où je n'ai pu jusqu'ici trouver aucune trace d'organismes, se rencontrent aussi dans les Grandes-Rousses et dans le Pelvoux. Ils sont très quartzeux, à peine micacés, parfois un peu charbonneux; et ils renferment, avec de très petits cristaux de tourmaline, d'apatite et de zircon, beaucoup d'ilménite et de rutile. Ils enclavent quelquefois des bancs minces d'un poudingue à petits galets de quartzite et de micaschiste.

» Cet ensemble, dont l'origine sédimentaire n'est pas douteuse, contient de nombreux amas de roches massives (*gabbros* et *péridotites*), décrites par MM. Duparc et Delebecque (1). Ces roches sont *intrusives* et non pas *volcaniques*. On ne voit pas de filons, mais seulement des amas de toute forme et de toute dimension.

» Il est certain que le métamorphisme des assises est en relation avec ces amas intrusifs. Les gneiss basiques, souvent dioritoïdes, et les amphibolites, forment auréole autour des amas : ils alternent, dans l'auréole même, avec des gneiss acides, des cornéennes et des micaschistes, et *passent* latéralement à des micaschistes ou à des schistes quartzeux noirs. Plus les amas intrusifs sont nombreux et importants, et plus s'accroît l'aspect métamorphique des assises et leur richesse en feldspath. Tout porte à croire que le terrain fondamental de la chaîne de Belledonne a été *modifié* par l'intrusion de ces gabbros et de ces péridotites, et qu'à cette intrusion sont dus, non seulement les gneiss basiques et les amphibolites, mais aussi les micaschistes, et les gneiss riches en silice et en alcalis. Cette transformation était terminée longtemps avant l'époque stéphanienne. Dans les massifs voisins (Grandes-Rousses et Pelvoux), le métamorphisme et la *gneissification* du terrain fondamental (lequel est évidemment le même que celui de Belledonne) étaient achevés avant la *mise en place* des massifs granitiques : et ce dernier phénomène est, lui aussi, antérieur au Stéphanien.

» *Tectonique*. — La structure de la partie méridionale de la chaîne de Belledonne contraste vivement avec celle des massifs du Pelvoux et des

(1) *Comptes rendus*, 19 mars 1894 et 9 mars 1896.

Grandes-Rousses. Ces derniers sont plissés de façon intense et forment une série isoclinal déversée vers l'ouest. La partie méridionale de la chaîne de Belledonne est un vaste anticlinal, une large voûte, dont les flancs, souvent très raides, ne sont nullement déversés ni dans un sens ni dans l'autre. Ce n'est donc point, comme on l'a dit, un massif en éventail. Le sommet de la voûte est un grand plateau (Tabor, Larmet, Taillefer, Champrousse), découpé par les gorges de la Roisonne et de la Romanche. Au nord de Champrousse, ce plateau s'accidente d'une sorte de cuvette synclinale, où sont conservés de nombreux témoins houillers, tous formés de strates presque horizontales (Tête-des-Lauzières, Grande-Lance-de-Domène, etc.). L'arête des trois pics de Belledonne correspond au bord sud-est de la cuvette. Dans le massif de Taillefer, le plateau est ondulé suivant deux directions sensiblement orthogonales (1).

» Même dans la partie centrale de la voûte, où les couches sont, dans l'ensemble, horizontales, il y a des froissements de détail parfois intenses, *qui ne sont visibles que dans les assises schisteuses*. Ces froissements sont antérieurs au Houiller. Ils semblent être en relation avec les phénomènes de gonflement et de striction qui ont accompagné l'intrusion des roches massives. Si l'on fait abstraction de ces accidents, toujours irréguliers, de la structure, on observe que le Houiller est sensiblement concordant sur le terrain fondamental, et qu'ainsi la région en question est restée, *avant comme après l'époque stéphanienne*, relativement tranquille. »

(1) P. LORY, *Bulletin de la Société géologique de France*, 4^e série, t. I, p. 182.

(25 novembre 1901.)

est une fleur. Les derniers sont plus de la nature d'un
 une série de points de vue. La partie inférieure de la
 dans le tableau est un vaste espace qui s'ouvre sur
 dans, sont en fait, ne sont nullement élevés au-dessus de
 dans l'air. Ce n'est pas tout, comme on l'a dit, un aspect
 le regard de la vue est un grand plaisir (L'air, l'eau, l'arbre,
 Champignons, chaque partie de la nature et de la beauté
 au nord de l'Espagne, ce plaisir s'accroît d'une sorte de
 grande, ou sont consacrés de nombreux temples, dans les
 les autres, presque horizontales. (Les bestiaux, l'air, l'eau,
 l'air, et l'air des trois pays de l'Espagne correspond au
 sujet de la nature. Dans le tableau, la nature est en fait
 tout dans un ensemble homogène et
 Même dans la partie centrale de la vue, on les couches sont
 l'ensemble, horizontales, il y a des éléments de style, par
 qui ne sont pas dans les autres tableaux. Les éléments sont
 traits au tableau. Ils se réfèrent à la relation avec les phénomènes de
 généralement de la nature, qui ont accompagné l'histoire des
 massive, et l'absence de ces éléments, toujours réguliers, de
 la nature, on observe que le tableau est essentiellement
 le terrain horizontal, et qu'il y a une question de style, qui
 comme pour l'ensemble, relativement simple.

Le tableau, l'absence de la nature, est en fait, l'absence

de la nature, l'absence de la nature, est en fait, l'absence

de la nature, l'absence de la nature, est en fait, l'absence

Sur les trois séries cristallophylliennes des Alpes occidentales ;

PAR M. PIERRE TERMIER.

« Nous savons aujourd'hui qu'il existe, dans les Alpes occidentales, trois séries cristallophylliennes, d'âges très différents :

» A. Une série *antéhouillère*, comprenant les micaschistes et les gneiss de la chaîne de Belledonne, des Grandes-Rousses, du Mercantour, du Pelvoux, du Mont-Blanc, des Alpes Bernoises ;

» B. Une série dont la partie haute est certainement *permienne*, et qui, tout entière, est probablement permo-carbonifère : micaschistes et gneiss de la Vanoise, du Mont-Pourri, du Ruitor, du Val-Grisanche ; *Casanna Schiefer* de Gerlach ; micaschistes et gneiss du Petit-Mont-Cenis, du Grand-Paradis, du Mont-Rose, d'Antigorio, de la partie basse des vallées piémontaises (Maira, Varaita, Pò, Pellice, Chisone, les deux Doire, etc.) ;

» C. Une série *mésozoïque* (dont le sommet est probablement *éocène*) comprenant les *schistes lustrés* et les diverses roches cristallines qui s'y intercalent (micaschistes, gneiss, amphibolites, etc.).

» Les trois séries, surtout A et C, contiennent des amas, parfois immenses, de roches massives (Pelvoux, Mont-Blanc, Mont-Viso, zone dioritique d'Ivrée, etc.). Abstraction faite de ces roches massives, tous les termes, dans les trois séries, sont certainement des sédiments transformés.

» Les roches de la série A ont fourni les éléments des grès et conglomérats stéphaniens. On ne sait rien de plus sur leur âge, et l'on n'a jamais vu le substratum de cette série. Elle renferme, localement, quelques assises à peine métamorphiques (schistes noirs de Belledonne et du Pelvoux), des cipolins, et même des poudingues où les galets sont de micaschiste et de gneiss, c'est-à-dire empruntés à *une série plus ancienne qui n'affleure nulle part*. Il y a de nombreux amas de granite (protogine), autour desquels

T.

les phénomènes de contact sont souvent à peu près nuls, comme si le métamorphisme et la *gneissification* des strates avaient précédé la *mise en place* de la roche massive. Il y a aussi quelques roches vertes (gabbros, péridotites). Dans le sud de Belledonne, il semble y avoir une relation étroite entre ces roches intrusives et la cristallinité des assises.

» J'ai montré, en 1891, que la série B, dans la Vanoise, est permienne⁽¹⁾, et qu'elle repose sur les grès à anthracite. M. Marcel Bertrand a fait voir ensuite (1894) que cette série se prolonge en Tarentaise et en Italie, et qu'elle englobe peu à peu le Houiller. J'ai indiqué à mon tour (1895) que les gneiss œillés du Grand-Paradis ne doivent point être séparés des gneiss permo-carbonifères du Val-Grisanche. Les recherches de MM. Franchi, Novarese et Stella, ont récemment confirmé toutes les prévisions de M. Bertrand et toutes les miennes. A l'est de la Vanoise, le substratum de la série B est inconnu. Elle supporte, en exacte concordance, tantôt le Trias briançonnais, lui-même plus ou moins métamorphique, tantôt la série C. En France, la série B ne renferme pas de roches massives. En Italie, il y a de vastes régions dépourvues de roches massives (Grand-Paradis), et d'autres où les diorites abondent (Ivrée, Chisone, Val-Savaranche, etc.).

» La série C est formée de calcschistes à séricite, rutile, ilménite et quartz, de calcaires plus ou moins cristallins, de schistes siliceux; et elle comprend aussi des micaschistes, gneiss et amphibolites, et d'innombrables amas de roches vertes. Le substratum est, soit le Trias briançonnais, soit la série B. Le métamorphisme est inégal⁽²⁾. J'ai dit, dans une Note précédente, que la production des gneiss, micaschistes et amphibolites, et même la cristallinité générale, me semblent liées, comme deux effets d'une même cause, à l'intrusion des roches vertes.

» Le métamorphisme de ces trois complexes n'est certainement pas dû à la déformation mécanique. Ce n'est point un *dynamo-métamorphisme*; et je proposerais volontiers de supprimer ce mot, car les actions dynamiques

(1) Il y a quarante ans que l'ingénieur Lachat a signalé, dans les Alpes, du Permien et du Houiller métamorphiques; trente ans que M. Suess a admis l'âge permien d'une partie des *Casanna Schiefer*. MM. Zaccagna et Mattiolo ont montré la grande extension de ce facies métamorphique. Mais c'est dans la Vanoise que l'existence de *véritables gneiss permien*s a été pour la première fois démontrée.

(2) Ce qui a permis à M. Franchi de trouver des fossiles, et de trancher définitivement la question de l'âge de la base de la série.

déforment souvent, mais ne *transforment* que bien rarement, et de façon toute locale. Il y a d'ailleurs de vastes régions des Alpes qui semblent être restées tranquilles et n'avoir subi ni écrasement, ni laminage, et où, cependant, les terrains sont très métamorphiques (sud de Belledonne, Grand-Paradis); et, dans d'autres, les terrains sont laminés et *corroyés*, sans avoir pris de métamorphisme appréciable (Briançonnais).

» On peut faire appel au *recuit en profondeur, sans apport plutonien*. C'est ce que j'ai proposé en 1891 pour la Vanoise et en 1895 pour le Grand-Paradis. Mais alors, pour expliquer la richesse des assises en alcalis et en magnésie, il faut admettre une longue intervention *volcanique* (tufs et coulées), *dont il ne resterait aucune trace*.

» Tous les faits que nous connaissons s'accordent mieux avec une hypothèse nettement plutonienne, généralisation, en somme, de celle que M. Michel Lévy a proposée en 1887 pour les très anciennes séries cristallophylliennes (*terrain primitif*). La transformation des sédiments, lit par lit, et la mise en place, entre leurs strates, d'amas de roches massives presque tous dépourvus de cheminées, me paraissent deux effets successifs d'une même cause: la filtration tranquille, *per ascensum*, de vapeurs au travers des assises. En général, les conditions étaient telles qu'au contact des vapeurs les assises n'avaient aucune tendance à fondre. Tout autour des colonnes filtrantes, le métamorphisme s'étalait, vaste tache d'huile, dans le plan des couches, et de façon très inégale suivant la perméabilité. Mais, peu à peu, au cours de leur ascension, les fluides devenaient moins légers, et la filtration se faisait moins facile: et il se formait, çà et là, *dans l'épaisseur du filtre*, des accumulations de magmas liquides, sortes de *laccolites* sans cheminée, grossièrement interstratifiés, de toutes formes et dimensions, remplis eux-mêmes de roches diverses, en fusion aqueuse ou ignée suivant leur nature. Et la nature de ces roches dépendait uniquement des pertes subies, en chaque point, par la colonne filtrante.

» Dans les terrains des Alpes occidentales, il y aurait eu, *au moins*, deux filtrations de ce genre: la première avant le Stéphanien (série A); la deuxième vers la fin de l'Éocène (séries B et C). »

(2 décembre 1901.)

