LES SCHISTES LUSTRÉS DES ALPES FRANÇAISES

Par M. W. KILIAN,

Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Grenoble,

Et M. J. RÉVIL,

Lauréat de l'Institut, Président de la Société d'Histoire naturelle de Savoie.

Plusicurs de nos hautes vallées intraalpines telles que celles de l'Isère, de l'Arc, du Guil et de l'Ubaye, ainsi que les hauts massifs de la frontière franco-italienne, offrent un remarquable développement de roches schisteuses très spéciales, d'un aspect fort monotone, et d'une épaisseur qui, par suite de la structure de ces régions, semble à première vue considérable. Cette curieuse formation, qui prend sur le versant italien, dans la zone du Piémont, une grande importance, a de tous temps attiré l'attention des géologues et a été désignée sous le nom de « Schistes lustrés ». Ces « Schistes lustrés » (Schistes calcaréo-talqueux ou Calcschistes = zone des « Pictre Verdi » des géologues italiens), dont nous n'avons fait, dans un mémoire paru récemment, qu'une étude très sommaire 1 à propos des divers facies du Lias, sont surtout développés dans des régions qui sortent du cadre de cette Etude, c'est-à-dire dans la zone frontière

^{*} Voir Kilian et Révil, Etudes géologiques dans les Alpes occidentales. Contributions à la Géologie des chaînes intérieures des Alpes françaises, II, p. 96 (Mém. p. serv. à l'Explic. de la Carte géol. détaillée de la France) (Ministère des Tr. publics).

franco-italienne et dans les Alpes piémontaises, suisses et liguriennes. Nous ne les décrirons pas de façon aussi détaillée que nous l'avons fait précédemment pour les autres formations ¹, et nous nous contenterons d'insister surtout sur les recherches récentes dont ils ont été l'objet.

I. — HISTORIQUE

L'âge de ces schistes a donné lieu à des discussions nombreuses et prolongées qu'il est intéressant de résumer ici en raison de l'importance qu'elles ont eue dans l'évolution de l'histoire de la géologie alpine.

La Carte géologique de la Savoie, due à Ch. Lory, Louis Pillet et Pierre Vallet et présentée à la Société géologique de France en 1867, attribue au Trias l'épaisse formation des « Schistes lustrés » si développée en certaines régions des Alpes occidentales. Les preuves de cette attribution, déjà antérieurement admise par le géologue italien Stoppani², ont été clairement et à diverses reprises développées par le savant et regretté professeur de Grenoble. Dès 1873, et dans une note communiquée à la Société géologique, Lory insistait sur le rôle important que joue, dans la structure de la zone frontière franco-italienne, ce grand étage des Schistes lustrés qui, pour lui, représentait le Trias inférieur. Il revint sur cette question lors de la réunion extraordinaire de cette Société tenue à Grenoble, du 4 au 11 septembre 1881. Définissant les quatre zones reconnues par lui dans les Alpes, il fit remarquer que la deuxième comprend en Tarentaise et en Valais un développement local considérable de Trias sous le facies de Schistes lustrés, tandis que cette formation se montre très

¹ Loc. cit., t. II, fasc. 1 et 2.

² Stoppani (loc. cit., p. 193) considérait les schistes calcaréo-talqueux du col de la Roue comme appartenant au Trias supérieur (Horizon de Saint-Cassian).

rudimentaire dans la première zone et même y fait défaut en beaucoup de points.

Cette manière de voir, qui consistait à considérer les Schistes lustrês comme un facies du Trias, a été encore défendue par Charles Lory, dans l' « Aperçu sommaire sur la structure géologique des Alpes occidentales », publié à l'occasion du XIV Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, à Grenoble en 1885; opuscule qui peut être d'ailleurs considéré comme le testament scientifique de l'éminent géologue.

On sait que MM. Vasseur et Carez, se basant sur les travaux de leurs confrères d'Italie, ont représenté, sur leur Carte géologique de la France au 500 millième (1885-86), par la teinte des formations paléozoïques une large zone de schistes allant d'Oulx à Coni par Césanne et Aiguilles, laissant en Trias une autre bande plus étroite, située à l'Ouest de la précédente. D'autre part, M. Zaccagna 1 a publić, en 1887, une petite carte géologique au 1/1.000.000° des Alpes occidentales; il a indiqué en « Prépaléozoïque » (Schistes cristallins) une grande partie des formations schisteuses situées entre Césanne, Saint-Vérau et le Viso, et n'a laissé comme Trias qu'une bande étroite allant de Briançon à Arvieux, Ceillac et Maurin. Sur la Carte au millionième du Service français, le tracé de la première édition de cette carte (1888), dû aux explorations de Lory, porte, au contraire, une zone triasique très étendue, comprenant non seulement les schistes des environs de Suse et du Mont-Cenis (prépaléozoïques pour M. Zaccagna), mais aussi ceux de Césanne, d'Aiguilles, de Saint-Véran, etc... Suivant en partie les tracés de M. Zaccagna, M. Noć 2 a fait figurer comme Schistes cristallins la bande Suse-Césanne-Aiguilles et a conservé comme triasique, outre

¹ D. Zaccagna, Sulla Geologia delle Alpi occidentali (Boll. del R. Com. Gcol., 1887, n°s 11 et 12).

 $^{^2}$ Fr. Noé, Geologische Uebersichtskarte der Alpen, 1 : 1.000.000. Wien, 1890 (Holtzel).

la zone portée comme telle par M. Zaccagna, un grand massif entourant Modane et la Vanoise; il en résulte en fait que sur les cartes publiées de 1885 à 1894, suivant qu'ils se trouvent en Italie ou en France, les mêmes Schistes lustrés ont été portés en Trias ou en Terrain primitif.

Il demeurait réservé aux recherches ultérieures de modisser entièrement les tracés géologiques de cette zone frontière de nos Alpes; pour ceux qui connaissent un peu cette région, il est en effet incontestable que les figurés donnés en 1889 étaient tous basés sur une interprétation erronée, provenant de l'âge que tour à tour l'on avait attribué aux « Schistes lustrés » rattachés par Lory au Trias, par M. Bonney et par les membres du Comité italien à la série ancienne. Un accord provisoire n'avait pas tardé, il est vrai, à être conclu à la suite d'explorations faites en commun par des géologues 1 des services italien et français, pour considérer ces schistes comme antérieurs au Trias et pour les détacher des autres termes incontestablement triasiques avec lesquels ils avaient été confondus sur la Carte au millionième (1re édition) du Service français. Quant aux contours de MM. Carez, Vasseur et Noé, qui avaient pour résultat de figurer à l'Est les Schistes lustrés comme antérieurs au Trias (Château-Queyras, Aiguilles), de les laisser au contraire vers l'Ouest (en France: Lans-le-Bourg, Mont-Cenis) en partie sous la même teinte que les gypses et les quartzites triasiques, ils ne correspondaient qu'à une espèce de compromis essentiellement provisoire, en quelque sorte imposé par l'état encore peu avancé de nos connaissances à l'époque de la publication de ces cartes.

Quoi qu'il en soit à cet égard, les Schistes calcaréo-talqueux (Schistes gris lustrés), qui se montrent aux environs de Maurin, dans le Queyras, à Césanne, Bardonnèche et près de Modane (le Praz, le Carlet, etc.), appartiennent à une seule et même

¹ V. Cotteau, La Géologie à l'Exposition universelle de 1889 (Auxerre, 1890, p. 24).

formation et possèdent tous les mêmes earactères pétrographiques. Ajoutons que Lory, qui les considérait comme triasiques, avait en outre fait également rentrer dans ce système des Schistes lustrés des *brèches micacées* très développées aux environs de Moutiers en Tarentaise ¹ et qui, ainsi que nous le verrons plus bas, appartiennent en grande partie au Nummulitique; en d'autres points, il avait aussi désigné par ce même terme des Schistes satinés et bariolés, qui font réellement partie du système triasique.

Cependant, nous avons vu plus haut qu'en 1887 et deux ans avant la mort de Lory, le Bulletin du Comité géologique d'Italie éditait une étude de M. Zaccagna sur la Géologie des Alpes occidentales (Boll. del R. Com. geol. Italia, t. VIII, p. 346), qui fut résumée par l'un de nous (J. R.) dans le Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Savoie et dans laquelle, en contradiction formelle avec Ch. Lory, l'ingénieur italien plaçait les Schistes lustrés des Alpes occidentales à la partie supérieure du « Terrain primitif », en conformité avec les vues de Gastaldi. Nous avons rappelé également qu'après une tournée sur le terrain, effectuée en compagnie de MM. Zaccagna, Mattirolo et Portis dans le but de résoudre la question, alors encore controversée, de savoir si les Schistes lustrés devaient être, comme l'affirmait Ch. Lory, rattachés au Trias ou considérés, avec Gastaldi, comme représentant la partie supérieure du Cristallophyllien (Archéen), un accord semblait avoir été établi pour attribuer à ces schistes un âge antérieur au Trias :

En effet, d'après Marcel Bertrand , l'opinion de Ch. Lory, basée, d'une part sur l'assimilation aux Schistes lustrés d'assises (environs de Moutiers) qui n'appartiennent pas à ce complexe, et, de l'autre, sur une interprétation erronée de certaines coupes

¹ B. S. C. F., 3° série, t. I, p. 277, et ibid., 2° série, t. XXIII, p. 480 et suiv., 1866. (Sur la stratigraphie des Alpes Graies et Cottiennes.)

² Voir Cotteau et Bertrand, C. R. Congrès Soc. savantes (Bull. Soc. géol. de France, 3^e série, t. XXVII, p. 661).

de la région intraalpine, devait être abandonnée. Bertrand fondait cette opinion sur un nombre de coupes trop grand, disait-il, pour laisser place au doute en ce qui concerne l'hypothèse d'un renversement trompeur des assises entre Oulx, Savoulx et Salbertrand: pour lui, les Schistes lustrés devaient être considérés comme régulièrement intercalés entre la série des Micaschistes à l'Est et les premières assises triasiques ou permiennes à l'Ouest, ainsi que paraissaient d'ailleurs le montrer les coupes de la haute vallée de l'Ubaye décrites par l'un de nous 1.

A cette manière de voir se rangèrent bientôt de nombreux géologues français (Potier, Marcel Bertrand, Termier et l'un de nous (W. K.). Bertrand communiquait bientôt au Congrès de Paris une note « Sur les Schistes lustrés du Mont-Cenis » (Bull. Soc. géol. de France, 3° série, t. XVII, p. 664) dans laquelle il acceptait l'opinion de M. Zaccagna et admettait comme lui que les Schistes lustrés doivent être considérés comme plus anciens que le Trias; peu après l'un de nous (W. K.) arrivait à des conclusions analogues pour la région de la haute Ubayc, et M. Termier pour le Massif de la Vanoise.

A ce moment la majorité des géologues alpins semblait donc admettre au-dessous du terrain houiller la série suivante (de bas en haut) :

- 1° Gneiss, Micaschistes, etc.
- 2° Schistes à Séricite, Amphibolites, Chloritoschistes.
- 3° Schistes lustrés et Schistes de Casanna.

L'un de nous (W. K.) avait fait d'ailleurs remarquer que la disposition que présentent, dans l'ensemble de la chaîne alpine, les affleurements de Schistes lustrés semble fournir un argument décisif pour considérer ces schistes, en grande partie au moins, comme paléozoïques, ou même plus anciens. D'après lui, on

Bull. Soc. géol. de France, 3º série, t. XIX, 1891, p. 591 et suiv., et Trav. Lab. de Géol. de la Fac. des Sc. de Grenoble, t. I, p. 37.

peut distinguer dans la chaîne des Alpes, sur la carte récente de M. Noé, une zone centrale constituée par les Schistes cristallins, avec leur cortège de cipolins d'amphibolites, de serpentines, etc., que percent des roches granitoïdes, et qui portent encore des lambeaux de sédiments paléozoïques (Schistes lustrés dans les Alpes occidentales; Phyllites, Dévonien, Silurien el Carbonifère marin dans les Alpes autrichiennes) et de Trias à facies variés, suivant qu'on les étudie à l'Est ou à l'Ouest de la chaîne. Emergeant, près de Gratz, des sédiments tertiaires du bassin danubien, cet axe central cristallin s'étend jusqu'au Piémont, offrant seulement quelques particularités (fractures d'affaissement du Prättigau, etc.) qui n'en troublent que peu la manifeste continuité. Or, les affleurements paléozoïques affectent à l'Est dans leur disposition une symétrie assez nette par rapport à l'axe central. C'est ainsi qu'à part quelques parcelles insignifiantes et un massif plus étendu à l'extrémité orientale de la chaîne, là où la zone cristalline s'épanouit à la manière d'un éventail et va disparaître en deux branches sous les sédiments tertiaires (au Nord-Est et au Sud-Est de Gratz). ils forment deux bandes allongées dans le sens général de la chaîne: au Nord entre Neustadt et Innsbruck, au Sud de Klagenfurt à Mauthen et Brixen par exemple. Nos « Schistes lustrés » occupent précisément, par rapport aux massifs cristallins de la zone du Mont-Rose, une position homologue de celle qu'affectent les bandes paléozoïques des Alpes orientales des deux côtés des massifs cristallins.

Examinant ensuite les diverses hypothèses qui pourraient être faites relativement à l'âge de cette formation, dans les Alpes françaises, M. Kilian faisait observer en outre que les Schistes lustrés (sensu stricto) ne peuvent être nummulitiques parce que dans la vallée de la haute Ubaye ils seraient, d'après lui, nettement inférieurs aux quartzites et aux roches vertes considérées comme permiennes et qu'ils reposent (col du Longet) sur des Schistes micacés paraissant très anciens. Ils ne peuvent être, d'après le même auteur, interprétés, dans aucune des localités

étudiées par lui, comme se rattachant au Trias ou représentant du Jurassique modifié, pour la même raison et parce qu'en admettant cette hypothèse, il lui semblerait impossible de se rendre compte de la structure de la région où ils affleurent. Ils pourraient être considérés comme carbonifères; on n'a, en effet, pu constater en aucun point la superposition du terrain houiller sur ces schistes. De plus, la présence des Schistes lustrés semble exclure celle des grès houillers, qui n'existent pas là où ont été étudiés ces derniers. Cependant l'étendue et l'homogénéité de cette formation de schistes, ainsi que leurs connexions stratigraphiques avec les Schistes cristallins, lui paraissent plutôt militer en faveur d'un âge plus ancien.

En résumé, concluait M. Kilian, « s'il est permis, en se basant sur la superposition des couches et sur la distribution des affleurements, d'affirmer que les Schistes calcaréo-talqueux sont antérieurs au Permien, rien, jusqu'à présent, n'autorise à les attribuer à un étage déterminé de la série paléozoïque 1 ».



Cependant, quelques années après ces conclusions, notre éminent et regretté maître Marcel Bertrand devait, peu après, abandonner la manière de voir que nous venons d'exposer et revenir à l'opinion de Ch. Lory. Deux mémoires des plus remarquables ont été par lui, en 1894 (Bull. Soc. géol. de France, 3° série, t. XXII, p. 69 et 119), consacrés l'un à la « Structure et au Métanorphisme », l'autre aux « Schistes lustrés de la zone cen-

¹ On verra plus loin que l'auteur de ces conclusions a été amené lui-même par les progrès de la géologie alpine à abandonner cette manière de voir.

En effet, la démonstration, si brillamment établie par M. Termier, de l'existence des « nappes » de charriage et de « fenêtres » dans les Alpes occidentales, la non-identité des complexes schisteux confondus sous le nom de Phyllites et de Schistes lustrés (Sch. des Grisons, Sch. de Casanna, etc.), la fréquence des superpositions anormales, des renversements et l'interprétation plus exacte de coupes comme celles de la Haute-Ubaye et du Queyras, ont enlevé leur portée à la plupart des arguments mentionnés ci-dessus.

trale ». Dans ce dernier, il affirmait que ces schistes sont triasiques et mêmes plus récents dans leur partie supérieure. Cette solution que l'un de nous (J. R.), élève de Lory, avait toujours admise, et qui a fini par s'imposer comme conséquence de la discussion des coupes locales, ne fait pas, d'après Bertrand, de nos Alpes occidentales une exception; elle rétablit, au contraire, l'histoire sédimentaire dans des conditions simples et rationnelles et se montre essentiellement conforme à toutes les données acquises de géologie générale.

A la suite d'excursions effectuées avec Marcel Bertrand, MM. W. Kilian et P. Lory furent convertis aux mêmes conclusions. Bertrand affirmait en effet, en 1805, avoir vu nettement les Schistes lustrés du Massif de la Sassière reposer sur des Marbres phylliteux triasiques, tandis que M. Kilian, abandonnant sa première opinion, d'accord avec M. Zürcher, « considérait comme acquise la preuve que les Schistes lustrés de la Haute-Ubaye, aussi bien que ceux du Queyras, du Mont-Genèvre, de la Haute-Maurienne et de la Haute-Tarentaise sont postérieurs au Trias inférieur et probablement pour une grande partie liasiques ». Enfin Marcel Bertrand publiait, dans les Comptes Rendus des Collaborateurs de la Carte (t. VII, n° 44), une nouvelle étude dans laquelle il décrivait les Schistes lustrés de la vallée de l'Arc et confirmait les résultats précédemment annoncés.

Dans une magistrale conférence faite au Congrès international de Zurich, en 1897, « Sur la récurrence de certains facies », le même auteur revient sur la question des Schistes lustrés qu'il considère comme un « Flysch triasique et jurassique ». Ils représentent, selon lui, le remplissage d'un géosynclinal qui s'est formé sur l'emplacement de la future chaîne. Le fond du géosynclinal qu'ont rempli les Schistes lustrés s'est trouvé la partie la plus enfoncée et c'est là que les actions de profondeur et de métamorphisme se sont fait sentir avec plus de force.

En 1898, M. S. Franchi publiait de son côté (Boll. R. Comit. geol. Italia) un important mémoire intitulé: Sull' eta mesozoïca

delle zona delle pietre verdi nelle Alpi occidentali. Dans ce travail étaient passées en revue les diverses opinions émises depuis le milieu du siècle dernier au sujet de cette importante formation et consignés les arguments remarquables que cet auteur apportait à l'appui de l'attribution de ces schistes au Trias et au Lias.

Dès 1897-1898 l'un de nous (W. Kilian) ayant à son tour accepté la nouvelle interprétation de Marcel Bertrand, avait distingué dans ces schistes deux divisions, dont la supérieure seule pourrait comprendre des sédiments éogènes. Ayant étudié à l'Est du lac de Seraillet, vers le col de Gimont, une série de roches basiques (Gabbros, Ophites, Variolites), il était conduit en outre à admettre que « les roches vertes dites du Mont-Genèvre sont postérieures aux calcaires phylliteux du Trias ». M. Kilian avait en effet constaté que, dans les divers points où le contact des « roches vertes »et les couches sédimentaires est nettement observable, ce sont des calcaires cristallins rubanés gris, schisteux veinés de rouge et de vert rappelant l'horizon des calcaires phylliteux triasiques 1 ou les Schistes lustrés, avec lesquels ils sont dans ces localités nettement interstratifiés, qui se montrent traversés et injectés de filonnets serpentineux. Ces calcaires phylliteux, ajoutait-il, se placent, avec les schistes dits lustrés (Schistes lustrés inférieurs), qui les remplacent parfois en partie ou en totalité, à la base du Trias moyen. Le même géologue émettait encore l'opinion que les assises appelées « Schistes lustrés » des Alpes occidentales pourraient être de divers âges.

Très développés dans les Alpes du Piémont, les Schistes lustrés pénètrent sur le territoire français au Mont-Genèvre et dans le Sud du Briançonnais, où ils occupent la plus grande partie du Haut-Queyras. Ils s'y montrent avec une teinte gri-

¹ Ces calcaires sont actuellement attribués au Jurassique supérieur par le même observateur.

sâtre-noirâtre, parfois brunâtre, un aspect à la fois fibreux et lustré, et se présentent constitués par une association de Calcite et de Quartz avec Mica blanc, Chlorite, Ilménite, Rutile, etc. De petits bancs (dalles) de calcaires cristallins noirâtres y sont intercalés à plusieurs niveaux. Près de Césanne, ils renferment des bancs siliceux à Radiolaires et des schistes versicolores.

Des schistes noirâtres, également considérés par Charles Lory comme des Schistes lustrés, existent au Gondran, près de Briançon, où ils présentent *deux types* bien distincts, quoiqu'il soit presque impossible de les délimiter bien régulièrement :

a) Des Schistes calcaires, avec bancs de calcaire parfois siliceux et zones lie-de-vin et verdâtres, rappelant les « Schistes lustrés » de Césanne avec leurs accidents siliceux à Radiolaires. A Maurin, dans la vallée de l'Ubaye, comme à Césanne et au Mont-Genèvre (Rocher de la Perdrix, près du Gondran, Rocher du Renard, Rocher des Douaniers, près du col Bousson), on voit en outre apparaître, dans les Schistes lustrés inférieurs, au voisinage de la Serpentine, des schistes calcarifères rouges et verts, parfois injectés de Serpentine, ou influencés par son voisinage, et alternant avec des lits de calcaire phylliteux, souvent marbreux. A cette portion inférieure des Schistes lustrés nous croyons également devoir rattacher un ensemble de schistes calcaires gris, de marbres zonés, de bancs quartzeux versicolores, avoisinant les serpentines et les calcaires triasiques sous-jacents, dont l'âge exact est incertain, et qui ont été désignés par une teinte spéciale et le symbole T sur la feuille de Briançon de la Carte géologique de France 1.

C'est encore au complexe des Schistes lustrés inférieurs qu'appartiennent des assises de **Marbres cristallins zonés**, qui entourent les Gabbros du Mont-Pelvas, de Taillante, de Médille, etc. On les observe également au contact de la Serpentine et des

¹ Nous rapportons actuellement ces assises au Jurassique supérieur.

Gabbros à La Chalp, dans le Haut-Queyras, où Charles Lory les avait déjà remarqués et où ils sont exploités dans une carrière. Ils existent aussi entre le Bric-Bouchet et le col de Malaure 1. On les retrouve au col Tronchet, près Brunissard, où ils séparent les Schistes lustrés typiques d'une bande de Variolite laminée et de Micaschistes d'origine éruptive. Enfin, au Nord du Mont-Genèvre, au col de la Lauze, près de l'Alpet, les mêmes marbres se montrent au milieu des schistes, dans le voisinage même d'intercalations de Micaschistes dérivant de roches éruptives basiques. Dans tous ces gisements, les caractères de ces marbres zonés restent les mêmes : ce sont des marbres tabulaires et des calcaires phylliteux formés de Calcite cristalline avec Rutile, Séricite, un peu de Quartz, se débitant en dalles d'un aspect cireux, et présentant des colorations variées, souvent grises ou jaunâtres 2. Dans le Queyras, ils affleurent dans les anticlinaux dont le noyau est occupé par les Gabbros, au Bric-Bouchet, au Pelvas et près de La Chalp (exploitations). Sur le versant de la montagne de Rochebrune, ces couches sont plus schisteuses et prennent un facies très analogue à celui des Schistes lustrés. Dans cette localité, elles supportent des calcaires triasiques par suite d'un renversement des couches dû au refoulement vers l'Est d'un vaste anticlinal triasique. Dans la Haute-Ubaye, Marcel Bertrand et l'un de nous (W. K.) les avons observées à la base des Schistes lustrés.

b) Une portion supérieure de l'étage schisteux, formée de schistes plus fins, plus argileux, avec bancs de grès micacés et lits de calcaire siliceux à patine brune et scoriacée offrant une grande analogie avec le *Flysch*, dont notre confrère, M. Termier, est tenté de les rapprocher. Ces schistes forment la partie

¹ Voir la coupe (fig. 2) de l'article que l'un de nous (W. K.), en collaboration avec M. Termier, a publié dans le tome I (4° sér.) des Bulletins de la Soc. géol. de France, p. 393, 1901.

² Nous avons dit déjà qu'il est probable qu'ils représentent le Jurassique supérieur (marbre de Guillestre) dont ils ont parfois tous les caractères.

occidentale du plateau de Gondran. On les retrouve à Villargaudin, près de Château-Queyras, où ils contrastent également avec les Schistes lustrés proprement dits, plus calcaires, du ravin de Soulier et du Haut-Queyras. Ils sont peut-être tertiaires, mais rien, en dehors de leur aspect lithologique, ne permet de le prouver; « leur aspect est identique à celui du Flysch de Prorel¹ »: schistes satinés, avec rares intercalations et nombreux lits de quartzite brun. Malgré ces caractères assez spéciaux, il ne semble pas cependant possible de tracer une limite entre ces schistes et les Schistes lustrés ordinaires que nous venons de décrire.

De ces observations faites par l'un de nous (W. K.) il résulte que les « Schistes lustrés » du Queyras, avec leur cortège de marbres tabulaires et de « roches vertes », ont à l'Ouest, comme substratum, les calcaires dolomitiques dits « calcaires à Gyroporelles » du Trias, sous lesquels ils semblent souvent s'enfoncer par l'effet de dislocations décrites par M. Zürcher et par l'un de nous, alors qu'à l'Est (vallée du Pellice, Haute-Ubaye) ils vont s'appuyer sur un système de grès, de quartzites et de schistes (Gneiss et Micaschistes des Italiens) probablement permo-carbonifères, et comprenant peut-être aussi les quartzites du Trias inféricur.

En outre, il est à remarquer que, partout où ils existent, les vrais Schistes lustrés (a) du type classique succèdent immédiatement aux cargneules et aux calcaires triasiques sans interposition de marbres jurassiques supérieurs; ce fait est particulièrement net à Château-Queyras, où les rapports des schistes et des calcaires sont faciles à étudier?

La succession des assises des environs de cette localité est en effet la suivante, de bas en haut :

¹ Termier, in Notice Feuille Briançon (Carte géol. de France, 1900).

² W. Kilian et Zürcher, C. R. Coll. pour 1897 (Bull. Serv. Carte géol. de France, t. X, n° 63, 1898).

- 1) Quartzite du Trias inférieur.
- 2) Mince assise de cargneules et de calcaires phylliteux.
- 3) Calcaires triasiques du type ordinaire (puissant).
- 4) Gypses.
- 5) Schistes lustrés du type normal avec bancs marbreux.
- 6) Schistes lustrés supérieurs de Villargaudin 1.

Il est à remarquer en outre que dans tout le Briançonnais, quand apparaissent les vrais Schistes lustrés, les autres facies (Trias supérieur, Lias et Marbres. E. J. de la feuille Briançon de la Carte géologique de France) semblent s'évanouir, « comme si le facies « Schistes lustrés » s'étendait à toute la série sédimentaire depuis le Trias moyen jusqu'à l'Oligocène ».

Ces dernières observations conduisent nécessairement à considérer les Schistes lustrés du groupe (a) comme représentant tout au moins le *Trias supérieur et le Lias*, surtout si l'on considère que dans d'autres parties des Alpes françaises (Bonneval-les-Bains [Tarentaise] et Moûtiers), on peut constater que des assises incontestablement liasiques prennent le facies « Schistes lustrés » et la structure de ceux du Queyras. Les laccolithes de « roches vertes » (Gabbros, etc.), les marbres tabulaires et phylliteux et les Schistes siliceux versicolores appartiennent à ce complexe schisteux inférieur, ainsi que semble le montrer leur présence constante dans l'axe des anticlinaux.

Cependant M. Franchi, qui avait d'abord décrit les Schistes lustrés (Calcschistes) comme précarbonifères, y a découvert en Italie et dans les calcaires qui leur sont subordonnés en un certain nombre de points, des fossiles qui rendent leur âge secondaire incontestable. M. Novarese envisage également la possibilité de recueillir des fossiles dans les lentilles calcaires intercalés dans les Calcschistes (Schistes lustrés) de la vallée du Pellice.

D'après les données du premier de ces auteurs, beaucoup de ces faunes sont triasiques, notamment celles qu'ont fournies les

¹ W. Kilian et P. Termier, Notice de la feuille de Briançon de la Carte géol. de France, 1901.

calcaires auxquels les Schistes lustrés passent insensiblement par la base. Il y mentionne aussi des Bélemnites; de sorte qu'il devient probable qu'une notable proportion des Schistes lustrés appartient au Lias. Quant à la cristallinité de ce complexe, elle était attribuée au métamorphisme que notre confrère italien devait étudier dans une note spéciale que nous résumerons plus loin.

Les vues de M. Franchi furent également acceptées par MM. Termier et Steinmann. Ce dernier pensait en outre que, dans les Grisons, la partie supérieure des schistes serait d'âge éocène. Le premier, dans une note communiquée en 1901 à l'Académie des Sciences, formula des vues particulièrement intéressantes au sujet des séries cristallophylliennes alpines : ces séries seraient au nombre de trois; et l'une d'elles, d'âge mésozoïque (série 3), et dont le sommet serait peut-être tertiaire, comprendrait les « Schistes lustrés », avec leur cortège de « roches vertes » (Gabbros et Schistes cristallins en dérivant). Ces trois séries rentermeraient d'ailleurs des roches massives et, abstraction faite de ces roches, seraient essentiellement constituées par des sédiments transformés.

Il est curieux de rappeler que malgré tous ces progrès et l'évolution de la question, un second mémoire de M. Zaccagna, publié en 1902, dans le Bulletin du Comité géologique d'Italie (Alcune osservazioni sugli ultimi lavori geologici intorno alli Alpi occidentali), renferme encore une critique souvent peu courtoise des travaux parus depuis le sien sur les Alpes occidentales. L'auteur ne tient nullement compte des recherches de ses confrères, qui ont pu préciser, à l'aide de fossiles, l'âge de certains dépôts de la région. Il rejette notamment les conclusions de Marcel Bertrand relatives aux Schistes lustrés et continue à attribuer ces derniers à « l'Archéen(!) ».

Toutefois deux ans après, 1904, M. Franchi (Ancora sull' eta mesozoica delle Pietre verdi, Roma, Boll. R. Comit. geol. d'Ita-

lia) répondait aux observations de M. Zaccagna sur l'âge des Schistes lustrés. Il insistait sur les découvertes de fossiles secondaires dans les calcaires du massif qui s'étend de Bernazzo au col Roserai, ainsi que dans celui de Chianoc, dont les profils constituent, d'après lui, des preuves irréfutables de l'âge secondaire de la zone des « Pierres vertes ».

D'intéressantes découvertes de fossiles ont d'ailleurs été encore faites précisément par M. Franchi dans d'autres localités du versant italien, ces restes organiques ont été recueillis dans les calcaires supportant les Schistes lustrés et passant parfois latéralement et par leur sommet à ces schistes. Dans ces parties a été rencontrée une faune correspondant à un niveau assez élevé du Trias (Gervilleia exilis Stopp., Loxonema, Pleurotomaria solitaria Ben., etc.). Pour notre confrère, une partie des Schistes lustrés de Mondovi serait donc attribuable au Trias et ce même facies se rencontrerait dans les vallées du Pô, de la Maira et de la Varaita, etc.

Nous voyons ensuite M. Franchi, dans une note essentiellement pétrographique (Contribuzione allo studio delle roccie a Glaucofane e del metamorfismo onde abbaro origino nelle regione ligure-alpine occidentale, Boll. R. Com. geol., 1902), étudier avec soin les phénomènes auxquels sont dues les modifications de constitution minéralogique et de structure des roches cristallines massives ou stratifiées de la « zonc des Pierres vertes ». Elles ne sont pas attribuables, conclut-il, au métamorphisme de contact, mais au métamorphisme régional. Il s'agit ici d'un métamorphisme qui s'est manifesté postérieurement à la venue des roches éruptives et a agi indifféremment soit sur elles, soit sur les roches encaissantes. L'examen des roches vertes (Euphotides, Serpentines, Diabases, Prasinites, etc.) prouve à ses yeux qu'il s'agit de formations qui, dans l'ensemble, sont actuellement différentes de ce qu'elles étaient originairement. Quant aux causes auxquelles doit être attribué ce métamorphisme, ce sont, pour l'auteur, outre la chaleur, condition physique si importante de toutes les réactions chimiques, l'action dissolvante de *l'eau* sur les substances minérales. Il ajoute : « Pour moi, on doit retenir comme condition nécessaire et particulièrement efficace la présence d'eau surchauffée, mais cependant pas à une température très élevée, une certaine pression étant nécessaire pour maintenir liquide l'eau au-dessus de 100° et utile pour faciliter le contact des minéraux, et, dans le cas où cette pression s'ajoute, pour produire des *broyages* et des *laminations* de roches et augmenter ainsi cette surface d'attaque. »

Des faits exposés et des considérations émises, dit en terminant l'ingénieur italien, il résulte que le métamorphisme auquel est due la cristallinité des schistes en question est celui qui a été appelé métamorphisme régional par les anciens auteurs.

Les beaux travaux de M. Franchi ont rendu ainsi certaine l'attribution au Lias 1 d'une grande partie au moins des Schistes lustrés de la zone du Piémont; en effet, dans des calcaires formant des anticlinaux au milieu de ces schistes, c'est-à-dire plus anciens qu'eux, M. Franchi a découvert en plusieurs points des fossiles triasiques du niveau du « Hauptdolomit » et, dans les schistes eux-mêmes, des Belemnites du Lias (a).

Plus récemment, en 1910, le savant géologue a constaté également, sur la frontière briançonnaise, au Pas de la Mulatière et au Pas de l'Ours, à la base des Schistes lustrés, la présence du Rhétien fossilifère; cette constatation permet de penser que le facies schisteux ne débute pas toujours au même niveau.

L'âge secondaire des Schistes lustrés est donc indéniable; il n'est plus, d'ailleurs, actuellement contesté.

¹ L'un de nous (W. Kilian), que ses études dans les Alpes françaises avaient progressivement conduit à partager cette manière de voir, écrivait en 1905 : « Les Schistes lustrés à « Pietre verdi » du Piémont sont mésozoïques, en grande partie liasiques; peut-être représentent-ils une partie du Malm (Schistes à Radiolaires de Césanne); des schistes analogues, mais non identiques, existent en certains points des Alpes françaises dans l'Eogène. Avec M. Haug, l'auteur admet à l'époque mésozoïque l'existence, sur l'emplacement des Alpes occidentales, nou d'un seul, mais de deux géosynclinaux séparés par une zone moins profonde (zone du Briangonnais). »

W. Kilian, Sur l'âge des Schistes lustrés du Piémont (C. R. sommaire Soc. géolog. de France, p. 145, 1905).

Depuis lors, les recherches cifectuées dans les Alpes francoitaliennes n'ont fait que confirmer ces conclusions: on verra plus loin que les observations de MM. Pussenot, W. Kilian, P. Lory, P. Termier, J. Boussac, Léon Bertrand et Longchambon concordent pour assigner à ce complexe un âge postwerfénien et que seule sa délimitation supérieure et sa nature plus ou moins « compréhensive » font encore l'objet de discussions 1.

Aujourd'hui, grâce aux magistrales études de Marcel Bertrand, aux découvertes de fossiles triasiques et liasiques de

¹ Pour Jean Boussac (Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin, p. 37), « le Lias, le Jurassique, le Crétacé, le Nummulitique sont compris dans l'énorme série des Schistes lustrés de 3.000 ou 4.000 mètres d'épaisseur. » Il résume comme suit la conception que l'on doit se faire, d'après M. Termier et ses propres recherches, de la nature, de l'âge et de l'origine de la série des Schistes lustrés:

[«] Ce n'est pas seulement la concordance de tous ces termes qui singularise la zone axiale, mais aussi leur constance et leur caractère compréhensif; chacun embrasse un très grand nombre de niveaux indifférenciés dans sa masse uniforme; le Permo-Houiller et les Schistes lustrés sont des séries compréhensives, suivant l'expression de M. Termier, mais qui peuvent passer graduel lement, sur les bords du géosynclinal, à des séries en niveaux différenciés. »

[«] Enfin, il est un dernier trait qui caractérise la zone axiale, c'est le méta morphisme des assises; les séries compréhensives sont en même temps des séries cristallophylliennes..... Les Schistes lustrés sont des calcschistes très micacés et entièrement cristallins; ils admettent des Micaschistes et de vérita bles Gneiss. L'une et l'autre de ces deux séries métamorphiques (le l'ermo-Houiller et les Schistes lustrés) peuvent comprendre de puissants amas de roches vertés. Ainsi concordance absolue depuis le Paléozoïque (tout au moins depuis le Houiller inclusivement) jusqu'à l'Eocène; métamorphisme intense dans toutes les assises, un peu moins intense cependant, ou plutôt inégalement intense au niveau du Trias; permanence, tout le long de la chaîne, des faciès du Permo-Houiller métamorphique, du Trias plus ou moins cristallin et des Schistes lustrés qui sont surtout mésozoïques et, pour une faible part, néozoïques : tels sont les caractères de la zone axiale des Alpes (I'. Termier). »

Les Schistes lustrés couvrent la zone axiale tout entière à partir du col du Petit-Saint-Bernard et envahissent même la zone des Aiguilles d'Arves. Tout cela s'enfouit, vers l'Est, sous les nappes préalpines et austro alpines « comme sous un gigantesque tunnel » et, dans les Alpes orientales, on voit réapparaître, par une vaste déchirure du mauteau de ces nappes, dans les Hohe Tauern, reposant sur la carapace d'une nappe plus profonde, la « Schieferhülle » dans laquelle M. Termier a reconnu le Permo-Houiller métamorphique et, par dessus, le Trias à faciès piémontais et les Schistes lustrés, d'une identité frappante avec ceux des Alpes occidentales et constituant le terme le plus homogène et le plus constant de cette « Schieferhülle ».

M. Secundo Franchi, ingénieur au Corps des Mines d'Italie, et aux recherches de l'un de nous (W. K.) et du capitaine Pussenot, le problème s'est en esset à la fois restreint et déplacé.

On doit en outre à M. Termier ¹ d'avoir mis en évidence l'unité et la grande extension des Schistes lustrés dans la chaîne des Alpes en montrant qu'ils appartiennent tous à *une même nappe*

^{&#}x27;« Suivant une remarque très frappante de M. Termier, le Jurassique et les marbres en plaquettes disparaissent dès qu'apparaissent les Schistes lustrés. Et ce fait est à rapprocher, d'après M. Boussac, de cet autre, non moins frappant, que c'est au moment où ces couches atteignent leur plus grande puissance et possèdent le caractère le plus franchement bathyal que, brusquement, elles font place aux Schistes lustrés. Bien loin de constater une sédimentation plus détritique indiquant un rivage de la mer nummulitique, nous avons remar qué, dit le regretté géologue, en nous dirigeant vers l'Est, une sédimentation de plus en plus fine, comme si le géosynclinal s'approfondissait graduellement dans cette direction.

[«] Et de là à dire que les marbres en plaquettes se prolongent dans la partie supérieure des Schistes lustrés, il n'y a qu'un pas, que nous n'hésiterons pas à franchir en nous rappelant que le « Flysch noir », lui, se prolonge certainement dans la partie supérieure des Schistes lustrés du Gondran. » « Nous arrivons donc à cette conclusion très fortement étayée, dit J. Boussac, que les Schistes lustrés comprennent, à leur partie supérieure, toute la série nummulitique jusqu'au Priabonien inclus. »

[«] Déjà en 1894, Marcel Bertrand avait comparé les Schistes lustrés au Flysch, mais il croyait ces deux formations d'âge très différent et déposées dans deux géosynclinaux différents, alors qu'en réalité le Flysch n'est qu'un faciès plus néritique de la partie haute des Schistes lustrés.

C'est M. Termier qui semble avoir eu, le premier, cette intuition. « Je crois, dit-il en 1902, que la formation des Schistes lustrés a duré du Trias supérieur à l'Eocène et qu'il y a des Schistes lustrés tertiaires dans la zone du Piémont comme en Suisse. » Mais c'est surtout dans le « Mémoire sur les Montagnes entre Briançon et Vallouise » que cette idée est développée : « Il est grandement probable, nous dit M. Termier, que, sans les complications tectoniques de cette région, on verrait ces quatre faciès, Lias, Malm, Marbres en plaquettes et Flysch, se transformer peu à peu et se fondre graduellement dans le faciès Schistes lustrés.

[«] Les Marbres en plaquettes me semblent correspondre à une zone bordière du géosynclinal alpin. Dans cette zone bordière, la profondeur des eaux est faible et, à partir des temps suprajurassiques, il se dépose des boues à Globigérines. »

^{« ...} pendant ce temps, dans la zone médiane du géosynclinal, individualisé dès avant la fin du Trias, ce sont des vases calcaires qui se déposent, sorte de Flysch spécial, continu et singulièrement uniforme, allant du Trias supérieur à l'Oligocène. C'est ce Flysch spécial qui est devenu, par métamorphisme, les Schistes lustrés. »

refoulée vers le Nord, le Nord-Ouest et l'Ouest sur les terrains d'une zone plus extérieure (zone du Brianconnais) et représentant une « série compréhensive » d'origine géosynclinale. J. Boussac a cité intégralement les conclusions de M. Termier (v. la note ci-dessus, p. 22) en remarquant qu' « il n'y a rien à y changer et qu'il était impossible de mieux dire ». Mais il a tenu en outre à préciser un détail de la question : on avait toujours admis jusqu'ici que les conglomérats de l'Eychauda indiquaient un soulèvement dans la zone des Schistes lustrés et un morcellement du géosynclinal rétréci et rejeté vers l'extérieur de la chaîne. Et alors le métamorphisme devait être postnummulitique puisque les Schistes lustrés comprenaient le Flysch et cependant il fallait admettre d'autre part un métamorphisme antenummulitique puisqu'on trouvait des galets de Micaschiste dans la quatrième écaille distinguée par M. Termier dans le Brianconnais.

Or la solution tectonique proposée par J. Boussac pour l'origine de cette « quatrième écaille » lui semble lever toutes ces difficultés : le géosynclinal nummulitique s'étendait, d'après lui, sur toute la zone axiale des Alpes, du Pelvoux à la zone de la Dent-Blanche, et son bord oriental était marqué par les conglomérats de l'Eychauda qu'un refoulement aurait amenés de l'Est à l'Ouest en superposition anormale (quatrième écaille) sur les termes plus occidentaux de la série.

On verra plus loin ce qu'il convient, à notre avis, de retenir de ces interprétations essentiellement hypothétiques et comment les recherches ultérieures de MM. W. Kilian et Ch. Pussenot ont conduit ces auteurs à une conception notablement différente de celle qui vient d'être exposée, tout en admettant, avec MM. Termier et Boussac, l'âge éogène de la « partie haute des Schistes lustrés » (Gondran), la transformation graduelle des facies sédimentaires à l'Est de Briançon, mais en leur montrant des discontinuités dans la prétendue « série compréhensive » et en les empêchant d'admettre l'origine lointaine de la « quatrième écaille » du Briançonnais.

Les Schistes lustrés, — dont il semble qu'on ait singulièrement exagéré l'épaisseur en l'évaluant à 3.000 ou 4.000 mètres, — forment donc dans le géosynclinal piémontais l'homologue du « Lias schisteux » déposé dans le géosynclinal dauphinois, alors que dans le géanticlinal intermédiaire le Lias présente, d'après les observations de l'un de nous (W. K.), un facies bréchoïde et coralligène.

Mais il semble que la formation schisteuse géosynclinale englobe des dépôts jurassiques postérieurs et antérieurs au Lias. C'est ainsi que l'un de nous (W. K.) constatait en 1912, en collaboration avec M. Pussenot¹, à l'Est de Briançon, dans le complexe des « Schistes lustrés », la présence des représentants incontestables du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur. En 1912, MM. Kilian, P. Lory et M. Gignoux ont, d'autre part, nettement confirmé le passage latéral d'une portion de ces Schistes lustrés aux calcaires phylliteux du Trias, que Marcel Bertrand avait observé à la Montagne de Pichery, en Tarentaise.

MM. KILIAN et Pussenot, continuant à s'occuper de la série sédimentaire du Briançonnais, ont également établi que cette dernière se relie par des transformations graduelles et par l'apparition d'une série d'intrusions de « roches vertes » à la zone du Piémont ou zone des Schistes lustrés. Cette transition a été représentée par ces auteurs par un schéma très suggestif.

Des observations d'un vif intérêt et non moins importantes ont été faites, en 1913, par le géologue zélé et ardent qu'est le capitaine Ch. Pussenot. Elles ont trait aux « Schistes lustrés » du col de Fréjus?. Une coupe relevée entre ce col et celui de la Roue, au cours d'une exploration faite avec l'un de nous (W. K.), a permis de relever la succession suivante : 1° calcaires phylli-

¹ W. Kilian et Ch. Pussenot, La série sédimentaire du Brianconnais oriental (Bull. Soc. géol. de France, 4° série, t. XIII, 1913).

² Ch. Pussenot, Feuille de Lyon au 320.000° — Schistes lustrés du col de Fréjus (*Bull. Serv. Carte géol. de France; C. R. Coll. pour 1913*, t. XXIII, p. 121, 1913-1914).

teux triasiques bien représentés au col de la Roue même; 2° cargneules affleurant de part et d'autre de ces calcaires; 3° calcaires à Gyroporelles, formant d'un côté la roche de l'Argentier et de l'autre côté la Planette. Cet ensemble constitue un anticlinal déversé à l'Est sur la série des Schistes lustrés, série qui débute assez brusquement par des bancs de calcaire cristallin dans lesquels l'un de nous a reconnu des fossiles rhétiens (petits Bivalves, Brachiopodes, etc.). Après une alternance de bancs calcaires et de couches argileuses, viennent les schistes, généralement gris d'acier, qui présentent le type classique de la formation.

L'auteur conclut et très judicieusement: « 1° Le Jurassique supérieur et moyen, dont la présence a été signalée dans la série des Schistes lustrés aux environs des Acles¹, paraît être représenté dans cette même série, entre le col de Fréjus et le col d'Etache, par les bancs calcaires les plus voisins de la zone schisteuse et par la zone schisteuse elle-même.

« 2° Au col de Fréjus, cette série débute comme dans le Briançonnais par le Rhétien très reconnaissable. »

Cette même année 1913 se signale encore par des recherches également intéressantes de notre regretté confrère et ami, M. Jean Boussac, consacrées au lever de la feuille de Tignes au 50.000° ². Ce géologue y est amené à contester le « passage latéral », cependant si nettement observable, des calcaires phylliteux triasiques aux Schistes lustrés qui avait été signalé par Marcel Bertrand, puis confirmé par MM. Kilian, P. Lory et M. Gignoux, à la pointe de Pichery.

« Les Schistes lustrés, écrit-il, ne passent nulle part aux calcaires triasiques. Partout où la succession est régulière, ils reposent sur le Trias supérieur. »

¹ W. Kilian et Ch. Pussenot, C. R. A. S., t. (LV), p. 887.

² Jean Boussac, Feuille de Tignes au 50.000° (Bull. Serv. Curte géol. de France; C. R. Coll. pour 1913, t. XXIII, p. 193, 1913-1914).

Cette proposition tirerait encore une nouvelle force de la coupe du Plan de Nette, en haute Tarentaise¹, « si toutefois, avoue-t-il, mon interprétation tectonique de cette coupe est exacte ». Sur tout le pourtour du Plan, les Schistes lustrés reposcraient sur des assises liasiques fossilifères; eux-mêmes seraient liasiques, ainsi que les intercalations de cargneules qu'ils contiennent.

Ces vues de notre confrère semblent bien hardies, car partout, dans nos Alpes, les cargneules sont d'âge triasique. Nous ne pouvons souscrire à ses conclusions; nous espérons qu'il sera bientôt possible de reprendre l'étude du Plan de Nette et cette région à structure très compliquée, bien que déjà visitée par de nombreux géologues, livrera certainement des faits nouveaux et curieux.



En résumé, et d'après les recherches les plus récentes de l'un de nous (en collaboration avec M. Pussenot), on peut distinguer dans l'ensemble désigné sous le nom de « Schistes lustrés du Piémont » deux parties distinctes, à savoir :

a) Une série sédimentaire mésozoïque, de facies spécial, à laquelle le double effet d'une sorte de métamorphisme régional avec intrusions éruptives (pietre verdi) et d'une déformation mécanique (laminage) énergique a douné un caractère particulier, et qui, suivant les points considérés, débute dès le Trias moyen (Pichery), le Rhétien ou le Lias (massif du Chaberton) et comprend le facies schisteux du Jurassique moyen, du Jurassique supérieur (ainsi que M. Kilian l'avait supposé dès 1906) (Pas de la Mulatière, flanc nord du Lasseron) et l'équivalent

¹ Kilian et Termier, Découverte du Jurassigne supérieur au col de la Leysse (Savoie) (C. R. séances Soc. géol. de Fr., sept.-nov. 1905); Kilian, Sur la Fe nêtre du Plan de-Nette et sur la Géologie de la haute Tarentaise (C. R. Acud. des So., 1^{er} octobre 1906).

d'une partie des « Marbres en plaquettes » du Briançonnais qui représentent le sommet de la série mésozoïque. A cette série inférieure appartiennent en particulier les Marbres zonés probablement suprajurassiques dont il a été question plus haut. Les intrusions de « Roches vertes », fréquemment transformées en véritables micaschistes par les actions dynamiques et qui s'observent déjà dans la série à facies briançonnais (Val des Prés, etc.), située à l'Ouest de la zone des Schistes lustrés, sont limitées à cette première série dont elles forment un des éléments les plus caractéristiques. Elles attestent la solidarité des deux zones voisines du Briançonnais et du Piémont, sans interposition d'aucune ligne de discontinuité tectonique importante.

b) Une série supérieure cénozoïque, de facies assez analogue à la précédente et d'extension beaucoup moindre; elle a été distinguée dès 1898-1900 par M. Kilian, notamment au Gondran, près Briançon, et se montre formée d'assises moins calcaires, plus feuilletées et plus argileuses, coupée de bancs brunâtres siliceux ou gréseux et rappelant vivement le Flysch de l'Embrunais, auquel elle passe insensiblement vers l'Ouest et comprend aussi des schistes brunâtres qui succèdent, près de Briançon, aux « Marbres en plaquettes ». Son age ne peut être qu'éogène (1900). Le fait signalé en 1901, par M. Kilian, que les « Roches vertes » de la série précédente, et les Gneiss et les Micaschistes basiques qui en dérivent par dynamométamorphisme, ne s'y rencontrent qu'à l'état remanié comme éléments de brèches polygéniques (Alpet, Eychauda, le Gros, Escreins, etc.), conduit nécessairement à conclure qu'entre les deux séries se place une interruption de sédimentation et une phase importante de mouvements orogéniques, elle-même antérieure, d'ailleurs, au plissement de la zone briançonnaise.

De plus, nous ajouterons qu'aux environs de Château-Queyras, près du hameau de Paquier, ainsi qu'à Villargaudin, affleurent également des « Schistes lustrés » d'un type spécial, différent des Schistes lustrés typiques de Soulier et de Château-Queyras, et que nous considérons comme formant un groupe de Schistes lustrés supérieurs.

Il résulte de ces faits que si l'on peut appliquer aux Schistes lustrés l'expression de série compréhensive, dans les Alpes franco-italiennes, cette série n'est réellement « compréhensive » que pour une partie des assises mésozoïques; elle ne paraît comprendre ni le Bajocien, ni l'Oxfordien et montre des traces d'une interruption de sédimentation antenummulitique; on peut donc se demander jusqu'à quel point il est légitime d'affirmer, avec MM. Termier et Boussac, que « la condition géosynclinale n'a cessé de régner depuis les temps paléozoïques jusqu'à l'époque nummulitique » dans le géosynclinal piémontais.

II. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SCHISTES LUSTRÉS DANS LES ALPES FRANÇAISES

Ce sont tantôt des roches à l'aspect de Micaschistes ou de schistes micacés, à Quartz très grenu en mosaïque, à Phyllites bien formés en grosses fibres (Biotite, Muscovite); les zones quartzeuses contiennent un peu de Chlorite et la roche rappelle les schistes du « type x » de la Carte géologique détaillée de la France; tantôt des schistes gris lustrés, presque entièrement cristallins, contenant du Quartz en débris et en cristaux, du Mica (diverses variétés), des silicates accessoires (Grenats, etc.) reliés par un ciment de Calcite plus ou moins abondant. Les matières charbonneuses n'y sont pas rares.

On leur a attribué plusieurs milliers de mètres d'épaisseur, mais cette évaluation, certainement très exagérée, est due aux erreurs causées par la structure isoclinale.

On doit à M. P. Termier une étude micrographique très approfondie des Schistes lustrés du massif de la Vanoise qu'il a décrits à une époque où il les considérait comme antehouillers et où il ne s'était pas encore prononcé, comme il l'a fait depuis, en faveur de leur attribution à des terrains plus récents.

Il y distingue:

a) Des Calcschistes gris ou noirs, présentant des alternances de zones quartzeuses, de zones de quartzites et de lits phylliteux (à Séricite) très minces. On y remarque de la Chlorite, du Mica noir (assez rare), mais pas de Talc; ce seraient donc des schistes calcaréo-sériciteux et non, comme l'admettait Ch. Lory, des schistes calcaréo-talqueux. La Séricite s'y présente en lamelles couchées à plat, polychroïques et orientées dans tous les sens. On y remarque aussi des produits noirs qui, à un fort grossissement, se révèlent comme des grains opaques de Fer titané, de Pyrite et d'Anthracite, des grains brunâtres et translucides d'Hématite et d'Oligiste et des aiguilles ténues de Rutile (1/100° de millimètre de longueur) enchevêtrées et mâclées, très biréfringentes.

Des zones calcaires se montrent formées de Calcite blanche cristalline, englobant des grains de Quartz et des lamelles de Séricite et comprenant aussi de la Dolomie ferrifère.

Les zones quartzeuses montrent des plages de Quartz à contours irréguliers et frangés, de seconde consolidation, pauvres en inclusions (Phyllites, Rutile, Calcite dans les zones de contact). Enfin les *produits secondaires* sont représentés par des veines de Quartz et de Calcite et par des produits ocreux ferrugineux.

b) Des Schistes verts, saturés, riches en Chlorite, très pyriteux, ne renfermant que peu ou pas de Calcite, mais de nombreuses aiguilles de Rutile, de la Pyrite, de l'Oligiste, de l'Ilménite, des aiguilles de Tourmaline (postérieures au Rutile), de la Chlorite en lamelles et houppes froissées et ondulées, de la Séricite et du Quartz en grains fins avec inclusions liquides, inclusions de Rutile et de produits opaques. Ces schistes, identiques à ceux du Trias inférieur, sont des Chloritoschistes à Rutile et Tourmaline.

A la Sana, M. Termier a observé dans ces schistes des lentilles d'Amphibolite et de Pyroxénite grenatifère d'origine probablement éruptive. Les Schistes lustrés renferment, près des cols de la Noire et du Longet, des bancs de *Quartzites* (les bornes limitant la France et l'Italie en sont formées).

L'identité des schistes des environs de Modane (le Pras) avec ceux de Césanne, du Queyras et de Maurin dans la Haute-Ubaye est incontestable, comme l'est aussi la continuité de leurs affleurements. Cependant leur teneur en calcaire varie beaucoup : tandis que les échantillons de Château-Queyras et de l'Ubaye font effervescence à froid avec les acides, ceux de Saint-Véran et du Gondran ne produisent pas cette réaction. En remontant l'Ubaye jusqu'à sa source, on voit très nettement les Schistes lustrés passer insensiblement à des schistes micacés traversés par des filons de Quartz et inclinés, comme les Schistes lustrés, vers l'Ouest. Des bancs gneissiques alternent avec ces schistes micacés.

Dans le voisinage de la frontière franco-italienne et dans la « zone du Piémont », on remarque dans ce complexe schisteux de fréquentes intercalations de roches basiques de types divers, souvent transformées en Serpentine par altération et désignées par le terme collectif de « Roches vertes » ou « Pietre Verdi ». Les types principaux de ces roches vertes sont des Gabbros, des Euphotides, des Diabases, des Ophites, des Porphyrites et des Variolites, passant à des Amphibolites épidotiques, à des Schistes amphiboliques, des Schistes serpentineux, Chloritoschistes et Ovardites et fréquemment à des masses d'Ophicalces et de Serpentines qui en dérivent par métamorphisme mécanique ou par métosomatose.

Nous avons décrit comme triasiques, dans diverses publications ¹ et notamment en collaboration avec M. Termier, des *Marbres zonés* qui, dans l'Est du Briançonnais et dans le Queyras, sont en relations intimes avec les Schistes lustrés et les

 $^{^1}$ W. Kilian, Notice explicative de la feuille Aiguilles de la Carte géologique de France.

Kilian et Termier, Bull. Soc. géol. de France, 3° série, t. XXVI (1898).

Roches vertes (col de la Lauze, col Tronchet, Mont-Pelvas, la Chalp, etc.). Ces calcaires ne doivent pas être confondus avec les marbres du Trias; leurs caractères lithologiques ne sont pas les mêmes et leur position stratigraphique est différente. Ils occupent certainement un horizon supérieur à celui des calcaires gris dolomitiques et sont intimement liés avec les Schistes lustrés. Nous inclinons à leur attribuer un âge jurassique supérieur d'après des observations faites avec M. Ch. Pussenot à l'Est de Briançon, notamment en amont de Cervières et dans le ravin du Creuzet près du fort de l'Olive. Leurs affleurements jalonneraient dans ce cas des zones synclinales, des Schistes lustrés inférieurs ainsi que l'ont également admis MM. Léon Bertrand et Longchambon.

III. — SCHISTES LUSTRÉS DE LA TARENTAISE ET LA QUESTION DES BRECHES POLYGENIQUES

Les variations de composition et d'allure que présente, dans les différentes parties de notre zone frontière, la formation que nous décrivons ici, sont peu considérables; cependant il convient de les indiquer brièvement dans la Haute-Tarentaise où y apparaissent des formations bréchoïdes dont l'âge a été longtemps discuté.

Les Schistes lustrés de facies normal forment le Massif de la Grande-Sassière, où ils ont été étudiés tour à tour par M. Zaccagna et par Marcel Bertrand; on les retrouve à l'Iseran dans le Val Grisanche, le Val de Rhêmes et ils se développent dans l'intervalle qui sépare le massif cristallin du Mont-Blanc de celui du Grand-Paradis. Ils se continuent aux environs d'Aoste, vers le Mont-Cervin. Plus au Sud, on peut les étudier aux environs de Crissolo, dans le Massif du Viso et dans le Haut-Queyras (col de Valante), dans les vallées du Pellice, de la Maira, de la Varaita.

Nous retrouvons ces Schistes lustrés au Sud-Est du Mont-Blanc où ils forment une zone située à l'Ouest de la bande houillère et que nous avons étudiée (loc. cit.) à propos du « type mixte » du Lias. Le facies « Schistes lustrés » est là remarquablement développé et se signale par d'importantes masses de roches vertes. La présence de Belemnites et les passages stratigraphiques attestent indubitablement que, sauf peut-être pour les schistes micacés de la base, ce complexe est d'âge jurassique et principalement de l'époque du Lias. C'est ainsi qu'il existe sans aucun doute à l'Ouest du Petit-Saint-Bernard, dans la vallée du Versoyen et au col de Broglie des Schistes lustrés mésozoïques contenant des masses de « Roches vertes » et qui ont fourni à M. Franchi des restes de Belemnites. Ce complexe correspond exactement à nos « Schistes lustrés inférieurs » (v. ante). Mais cet ensemble confine à son tour vers l'Ouest à une série d'assises schisteuses alternant avec de puissantes intercalations de brèches polygéniques, observables à l'Est du col de la Seigne et dans la vallée des Chapieux; nous avons, à la suite d'explorations effectuées avec MM. P. Lory et S. Franchi, puis avec M. Ch. Jacob, attribué au Lias une notable portion de cet ensemble dont on trouvera la description dans un chapitre de notre ouvrage sur les chaînes intérieures des Alpes françaises (loc. cit., t. II, p. 100-108), mais dont une portion doit être considérée comme éogène (nummulitique).

Diverses opinions ont d'ailleurs été émises au sujet de ces « brèches de Tarentaise » : MM. Gignoux et Pussenot confirment l'âge liasique d'une partie de ces brèches, mais Jean Boussac les considérait comme indiscutablement tertiaires. Depuis lors de nouvelles explorations faites en 1914 avec M. Révil, au Sud du vallon des Chapieux et dans la continuation directe de la même bande, notamment dans les massifs de la Dent-Portetta et de la Grande-Paréi, nous ont conduits, après mûres réflexions, à rattacher sans ambiguïté possible une portion non moins importante de ce complexe de schistes et de brèches polygé-

niques aux brèches des environs de Moûtiers (Crève-Tête), du Cheval-Noir et de Villarclément en Maurienne, qui sont incontestablement éogènes ainsi qu'il sera exposé plus loin. M. Gignoux a d'ailleurs récemment signalé des *Nummulites* dans ce même complexe près de Villarclément.

Plusieurs auteurs, et notamment Ch. Lory, avaient d'ailleurs déjà rattaché aux Schistes lustrés des conglomérats et des brèches développés aux environs de Moûtiers, ainsi qu'à Aigueblanche et dans le Massif de Pierre-Menta en Tarentaise. Or il résulte nettement de nos recherches récentes qu'une grande partie de ces formations appartiennent en réalité à l'Eogène et ne peuvent être assimilées aux Schistes lustrés mésozoïques (Schistes lustrés inférieurs). C'est donc à la section supérieure des Schistes lustrés, d'âge probablement éogène (v. ante), qu'il convient de rattacher une partie du complexe schisteux coupé de nombreuses intercalations de brèches polygéniques que nous avons signalé entre Courmayeur (Mont-Fortin, Mont-Favre), le col de la Seigne, le col de Broglie et le Versoyen et qui se continue par les massifs du Roignais et du Mont-Rosset jusque près de Villette en Tarentaise.

Nous avions englobé d'abord (loc. cit., p. 100 à 108) la totalité de cette curieuse formation dans le Lias du « type mixte » en les réunissant aux brèches calcaires, aux véritables Schistes lustrés à Pietre Verdi du Versoyen et de Bonneval-sur-Arc et aux calcaires cristallins de Crey-Bodin qui sont certainement et incontestablement liasiques et mésozoïques; nous reconnaissons aujourd'hui qu'elle comprend, outre une partie liasique, des termes certainement éogènes.

Rappelons aussi que Marcel Bertrand avait figure sur la feuille d'Albertville une partie de cet ensemble par une teinte spéciale (*lt*) comme « Schistes lustrés supérieurs », alors qu'il attribuait en d'autres points ces mêmes brèches à l'Eogène (e³m).

Il est possible, en outre, que des recherches ultérieures conduisent à considérer définitivement comme éogènes dans les chaînes situées entre le col de la Seigne, Courmayeur, la GrandeGolliaz et le col de Fenêtre, une portion plus ou moins considérable du complexe de schistes et de brèches rattachés provisoirement jusqu'à présent aux Schistes lustrés mésozoïques (type mixte du Lias de MM. Kilian et Révil (v. ci-dessus) et à en faire l'équivalent des « Schistes lustrés supérieurs » éogènes à brèches polygéniques du Briançonnais (l'Alpet) et des brèches polygéniques supérieures du Mont-Roignais et du Mont-Rosset en Tarentaise, ensemble que l'un de nous a démontré, d'autre part, avec M. Pussenot (v. ante), n'être qu'un facies latéral du Flysch briançonnais.

Nous aurons du reste l'occasion de revenir sur ce sujet et sur l'existence en Tarentaise de brèches liasiques et de brèches tertiaires, faciles à distinguer les unes des autres en certains points, dans une prochaine publication à l'occasion du système éogène.

IV. — SCHISTES LUSTRÉS DE LA HAUTE-MAURIENNE

En Maurienne, les Schistes lustrés se montrent à partir des environs de Modane et ont été coupés par le souterrain du Fréjus; ils ont, à ce propos, été étudiés par Sismonda¹, Elie de Beaumont² et de Mortillet³.

Marcel Bertrand a été amené, ainsi que nous l'avons montré plus haut — et après les avoir, à la suite de M. Zarcagna, considérés comme antehouillers — à y voir un facies spécial du Trias moyen et peut-être du Lias; il les a représentés par une teinte spéciale (lt) sur la feuille Saint-Jean-de-Maurienne de la Carte géologique de France parue en 1895.

Enfin, plus récemment, M. Pussenot et l'un de nous furent

¹ Sismonda, C. R. Acad. des Sc., juillet-septembre 1871.

² C. R. Acad. des Sciences, t. LXXI (juillet 1870) et t. LXXIII (septembre 1871).

³ G. de Mortillet, Bull. Soc. géol. de Fr., 2º série, t. XIX, p. 849, 1862.

assez heureux pour constater près du col de la Roue la *présence* du Rhétien fossilifère à la base de ces schistes et pour montrer qu'en ce point, comme dans le Briançonnais, ils comprennent sans doute des représentants des divers étages jurassiques.

Il est intéressant de rappeler ici que Marcel Bertrand avait exploré avec grand soin la haute vallée de l'Arc, en amont de Modane (Maurienne), et insisté de façon toute spéciale sur les environs du col du Mont-Cenis, région que l'un de nous (J. R.) a visitée sous sa direction. La succession des assises y est particulièrement difficile à reconnaître, — par suite de la sinuosité des plis, — mais, près du col d'Etache, nous constations nettement, dès 1893, qu'il y avait là, dans le Trias, une intercalation de schistes identiques à ceux qui les surplombent et nous nous refusions à considérer ces derniers comme prépaléozoïques, car au-dessus d'eux revenaient des quartzites semblables à ceux de la base 1. C'était là une preuve du bien-fondé des vues de Ch. Lory. Cette coupe a contribué à décider définitivement notre regretté maître à renoncer à l'interprétation de MM. Zaccagna et Mattirolo.

Quelques années plus tard, l'un de nous (J. R.) dirigeait une course de la Société d'Histoire naturelle de Savoie dans le même massif; il recueillait des échantillons provenant du complexe « Schistes lustrés » d'une brèche absolument semblable à celle du Télégraphe. C'était encore là une preuve irréfutable de l'âge secondaire des Schistes lustrés.

Ajoutons encore que ces schistes ne se montrent pas dans l'intérieur du Massif de la Vanoise, mais n'apparaissent que sur la rive gauche du Doron d'Entre-deux-Eaux. M. Termier, dans sa remarquable étude sur ce massif, les avait d'abord considérés comme antehouillers; il y voit aujourd'hui, ainsi qu'il a été dit plus haut, une « série compréhensive » mésozoïque et cénozoïque.

La feuille Bonneval de la Carte géologique détaillée contient

¹ Marcel Bertrand, « Schistes lustrés de la zone centrale », loc. cit., p. 158.

d'ailleurs d'intéressants détails sur l'allure et la composition du complexe des Schistes lustrés en amont de Thermignon; on y remarque des amas de roches vertes et de Serpentine accompagnés d'Amianthe (exploitée à Thermignon, Lans-le-Bourg). A Bonneval cet ensemble s'appuie directement sur des Gneiss probablement permo-carbonifères, tandis qu'aux environs de Lans-le-Bourg et de Thermignon, son substratum est formé de calcaires triasiques.

V. — SCHISTES LUSTRÉS DU BRIANÇONNAIS

C'est dans le Briançonnais oriental, dans le voisinage immédiat de la frontière italienne, et plus particulièrement dans les massifs du Chaberton et des Acles, que l'étude des « Schistes lustrés » présente le plus d'intérêt à cause des relations de ce complexe avec les différents termes de la série stratigraphique normale du facies brianconnais.

En 1912, l'un de nous (W. K.) constatait, en collaboration avec M. Ch. Pussenot¹, l'existence dans le complexe de ces m'êmes Schistes lustrés, de représentants incontestables du Jurassique moyen et supérieur au Pas de la Mulatière, près du Pas de l'Ours, ainsi qu'au Lasseron et au Gondrand.

Il nous semble intéressant de reproduire ici in extenso la partie de la notice où sont consignées ces observations qui ont permis de préciser ainsi l'âge de certaines portions du complexe sédimentaire désigné sous le terme global de « Schistes lustrés » par les géologues alpins :

« a) En se dirigeant vers l'Est, on voit, en effet, les calcaires noirs à Nérinées, Rhynchonella Hopkinsi M'Coy, découverts par

¹ W. Kilian et Ch. Pussenot, Sur l'âge des Schistes lustrés des Alpes francoitaliennes (C. R. Acad. des Sc. de Paris, séance du 4 novembre 1912).

Ch. Pussenot ¹ en de nombreux points du Briançonnais (l'Enlon. la Cochette, etc.) et continuant l'horizon des calcaires noirs à Alectryonia costata Sow. reconnus à la Mortice et à Escreins (W. K., 1898), devenir moins massifs, prendre à l'Est de la Clarée une allure schisteuse et s'intercaler au Pas de la Mulatière dans la masse des Schistes lustrés, au-dessous du Rhétien et du Trias renversés et au-dessus des bancs lustrés qui représentent le Malm.

- « On observe également qu'à l'Est de Briançon les marbres roses, blancs ou noirâtres de l'horizon de Guillestre (Jurassique supérieur), encore très bien caractérisés à l'Enlon, à Malafosse, à l'Infernet, subissent une modification progressive lorsqu'on se dirige vers l'Est: on y voit apparaître des bandes siliceuses (l'Enlon, le Creuset, Pont-Baldy près Briançon), d'un aspect tacheté très particulier, les marbres deviennent plus cristallins, rubanés et zonés [ils ont été distingués sur la feuille de Briançon de la Carte géologique par une teinte spéciale près du col de la Lauze et du col de Dormilhouse et rapportés provisoirement et avec doute au Trias (T) par l'un de nous (W. K.)] et l'on peut les suivre sans discontinuité jusque dans la zone des Schistes lustrés au mileu desquels on les retrouve avec leurs teintes roses et verdâtres et leurs bandes siliceuses (Pas de la Mulatière, flanc nord-ouest du Lasseron, etc.).
- « Les marbres en plaquettes (E. J. de la feuille de Briançon), qui n'ont fourni que des *Pulvinula* et des *Globigerina* peu caractéristiques, subissent une transformation analogue et se montrent d'ailleurs indissolublement liés à l'assise précédente par leur base et parfois par des passages latéraux; nous les croyons mésozoïques en moins grande partie.
- « b) Enfin, les assises argilo-schisteuses foncées, que supportent près de Briançon ces marbres en plaquettes, et qui ont été rapportées au Flysch (*ltm*) sur la feuille de Briançon, bien que

¹ Pussenot, Bull. Serv. Carte géol., C. R. Coll., t. XX, 1909-1910.

rien ne prouve dans cette région, — où l'on n'a jamais signalé de dépôts fossilifères à l'Est de Montdauphin, — d'une façon certaine leur âge éogène et que, parfois, elles soient étroitement liées par des passages en apparence insensibles aux marbres en plaquettes, vont également se fondre vers l'Est dans la masse puissante des Schistes lustrés, dont ils forment la partie supérieure plus feuilletée et plus argileuse, portion pétrographiquement bien distincte (Gondran) de la masse plus calcaire des Schistes lustrés du Piémont et qui semble d'ailleurs localisée aux environs de Briançon et dans quelques synclinaux de la zone du Piémont. »

Nous pouvous ajouter que les Schistes lustrés inférieurs (a) contiennent au Sud-Est du col du Mont-Genèvre de grandes masses de roches éruptives basiques (Gabbros, Euphotides, Diabases, Ophites, Porphyrites, Variolites en partie serpentinisées et, près du lac de Saraillet, une Diorite andésitique (signalée par l'un de nous en 1897 (C. R. Ac. des Sc., 5 juillet) sous le nom de Syénite albitifère). Les schistes qui enveloppent ces masses semblent être disposés en synclinal. Près du col de Bousson et sur le flanc nord du Lasseron, on remarque des intrications de filonnets éruptifs serpentinisés avec des schistes marbreux du Jurassique supérieur, eux-mêmes intercalés dans les Schistes lustrés. Le complexe des Schistes lustrés supérieurs (b), au contraire, contient des brèches avec galets et fragments de ces mêmes roches vertes.