

SUR LA STRUCTURE
ET
LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DU COTICULE
ET SUR
SES RAPPORTS AVEC LE PHYLLADE OLIGISTIFÈRE,

PAR A. RENARD, S. J.,

CONSERVATEUR AU MUSÉE ROYAL D'HISTOIRE NATURELLE DE BELGIQUE.

(Présenté à la classe des sciences dans la séance du 21 octobre 1876.)

TOME XLI.

1

SUR LA STRUCTURE

ET

LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DU COTICULE.

L'étude lithologique des roches qui constituent les terrains les plus anciens de la Belgique, en faisant connaître avec plus d'exactitude leur composition minéralogique et les différentes particularités de leur structure, nous met sur la voie pour lever quelques-uns des doutes qui règnent encore sur leur mode de formation. Outre ces résultats d'un ordre général intéressant surtout les savants, qui s'occupent de l'étude de la pétrographie et des conditions physiques qui présidèrent à la formation des roches sédimentaires les plus anciennes, les travaux lithologiques sur nos diverses variétés de phyllades et de schistes présentent au géologue belge un intérêt tout spécial, car ils permettront peut-être d'éclaircir quelques points de stratigraphie aujourd'hui contestés. En effet, à l'aide des nouvelles méthodes introduites en pétrographie, on peut espérer qu'il sera possible de justifier ou de rejeter les analogies lithologiques que, dans certains cas, on a invoquées à l'appui des interprétations stratigraphiques. C'est dans ce but que nous avons entrepris nos recherches sur les phyllades ardennais et sur les roches comprises dans les limites des zones métamorphiques de Dumont. — Toutefois l'étude de la structure et de la composition des roches ardennaises présentent des

difficultés d'un ordre spécial qu'on ne doit point perdre de vue : les éléments constitutifs de ces masses cristallines descendent à des dimensions excessivement petites, et par conséquent ne présentent guère de caractères cristallographiques nettement saisissables, même à l'aide des plus puissants microscopes; ordinairement les éléments sont mal individualisés et leur forme cristalline irrégulièrement développée; la compénétration d'un grand nombre de substances minérales de composition chimique très-variée et qu'il est impossible d'isoler mécaniquement, ne permet pas à l'analyse chimique de se prononcer avec certitude. Les longues périodes géologiques qui se sont écoulées depuis la formation de ces roches paléozoïques ont permis à la décomposition de s'attaquer à la plupart des minéraux qui les constituaient primitivement; à ces altérations viennent s'ajouter les modifications profondes que leur fit subir dans certains cas le métamorphisme régional. Ajoutons que l'analyse microscopique à laquelle on est redevable de tant de lumières jetées sur la structure intime et la composition des roches massives, semble impuissante jusqu'à ce moment à déterminer d'une manière définitive quelques minéraux dont la présence au sein des schistes cristallins est un fait constant. La constance même de ces petits éléments caractéristiques des phyllades et des schistes, que nous retrouvons invariablement dans les phyllades de l'Ardenne française et du terrain dévonien et même jusque dans les ardoises huroniennes, vient pour sa part compliquer le problème; car elle montre les analogies minéralogiques les plus profondes entre des roches d'âges géologiques très-différents.

On ne s'étonnera donc pas si à raison des difficultés que nous venons de rappeler, nous nous bornons aujourd'hui à ne donner que la description lithologique du coticule, et les rapports qui le rattachent au phyllade oligistère.

La certitude des résultats auxquels nous sommes arrivés, ainsi que l'intérêt et la nouveauté des faits que nous signalons et qui ont vivement frappé les savants auxquels nous avons communiqué les conclusions de nos recherches, nous engagent à présenter à l'Académie l'ensemble de nos observations sur des roches belges qui ne manquent pas de célébrité et dont les caractères lithologiques sont de tout point exceptionnels.

Rappelons succinctement, d'après Dumont, la position géologique des roches que nous nous proposons de décrire. Elles se rencontrent dans la partie supérieure du système salmien. On sait que ce système au N.-O. du massif revinien de Stavelot est constitué de quartzophyllade violet et de phyllade de même couleur dont quelques-uns renferment des veines de coticule; au S. et au S.-E. il est formé de quartzophyllade violet zonaire et de phyllade violet simple oligistifère et otrélitifère renfermant du coticule, de phyllade otrélitifère gris bleuâtre et de quartzophyllade zonaire de même couleur¹.

Dès les débuts de la géologie l'attention des savants fut attirée par les roches des environs de Viel-Salm, et nous croyons devoir, en commençant notre travail, rappeler l'appréciation qu'ont portée sur elles les hommes illustres qui contribuèrent le plus à fonder et à développer les études géologiques dans notre patrie et dans les pays voisins.

En 1808 d'Omalius d'Halloy, dans son Mémoire sur le nord de la France², fait connaître aux géologues ses observations sur la pierre à rasoir de Salm-Château. Dans sa description nette et précise, on reconnaît les traits fondamentaux qui caractérisent le coticule. Il fait remarquer dès lors que cette roche ne constitue pas des filons venus après coup remplir les fissures des phyllades adjacents. Ces veines de pierre à rasoir sont pour lui une partie intégrante des couches d'ardoise; elles ne diffèrent des phyllades que par la couleur. Il remarque qu'il n'y pas de joints entre les bandes jaunes et bleues, le tissu et la direction des lames restant toujours les mêmes. « Quelle que puisse être, ajoute-t-il, la ténuité des lames, une fente commencée dans la partie bleue se propagera dans la partie jaune et réciproquement. » Cette importante observation que le changement de couleur n'influe pas sur la direction du clivage est l'un des points sur lesquels nous aurons à revenir. Pour d'Omalius donc le coticule n'est qu'une « modification de l'ardoise », il admet le même mode de formation pour ces deux roches; la seule différence porte sur leur composition minéralogique accidentelle et sur leur structure.

¹ M. A. DUMONT, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan*. (MÉMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE DE BELGIQUE, 1847, t. XX, pp. 126 et suiv.)

² D'OMALIUS D'HALLOY, *Journal des Minér.*, n° 145, p. 556.

En 1823 deux géologues allemands qui devaient acquérir plus tard une grande célébrité, MM. von Oyenhausen et von Dechen, vinrent étudier à Salm-Château les roches décrites par d'Omalius, et dans une lettre¹ datée de Mons, von Oyenhausen écrit à Leonhard que de tous les phénomènes géologiques, celui qui l'a le plus vivement intéressé dans notre pays, c'est le coticule de Viel-Salm. Il admet jusqu'à un certain point les idées de d'Omalius que nous venons d'exposer et les complète par quelques détails minéralogiques et stratigraphiques. Il observe en particulier comment les veines de coticule ne s'entre-croisent jamais ; elles conservent une épaisseur à peu près constante sur une assez grande étendue, et malgré les ondulations qu'elles présentent, on les voit rester parallèles. Pour d'Omalius, avons-nous dit, le coticule ne diffère des phyllades voisins que par la couleur ; von Oyenhausen semble s'écartier de cette opinion ; il n'est pas frappé comme le géologue belge de la prolongation du feuilletage du phyllade dans les veines de coticule ; car, après avoir indiqué que la roche encaissante est très-feuilletée, il ajoute que les bandes de coticule sont massives à grains très-serrés, et qu'elles sont de nature minéralogique entièrement différente des phyllades adjacents². S'écartant donc sur ce point de l'opinion de d'Omalius, il est amené à considérer les veines de coticule comme des filons encaissés dans le terrain salmien ; toutefois, ce qui l'empêche de les assimiler tout à fait aux filons, c'est qu'alors même qu'il croit avoir observé que les veines jaunes traversent perpendiculairement les couches adjacentes, il n'aperçoit jamais de joint, jamais de salbande, mais bien souvent une transition insensible du coticule au phyllade. Il conclut donc que, si les veines de pierre à rasoir n'ont pas les caractères des filons proprement dits, leur discordance avec la stratification de l'ardoise ne permet cependant pas de les assimiler à des couches régulièrement interstratifiées. Tout semble lui indiquer néanmoins que le coticule s'est formé en même temps que se formaient les ardoises.

¹ Leonhard's mineralogisches Taschenbuch für 1824, I Abth., p. 223.

² Von Oyenhausen revient cependant sur ce point lorsque, traduisant à peu près d'Omalius, il dit : « Der Wetzschiefer ist bisweilen dichter und nicht so schiefrig wie der blaue Dachschiefer ; » demungeachtet aber verläuft sich die blättrige Struetur der Dachschiefers in den Wetzschiefer » dergestalt, dass sich ersterer in Blättchen theilen lässt, die am einem Ende blau, am dem » anderen gelb sind. » *Loc. cit.*

De son côté von Dechen n'est pas moins frappé des faits qu'il observe à Salm-Château, et dans sa lettre à Nöggerath¹ que nous avons citée en traitant des porphyroïdes de l'Ardenne française, il dit qu'il ne lui a jamais été donné de voir des roches plus remarquables. En étudiant les rapports stratigraphiques des veines de coticule avec les phyllades, il est conduit à admettre qu'elles forment des filons; mais d'un autre côté, il insiste plus que von Oyenhauen sur le fait si bien décrit par d'Omalius, que le feuillement du phyllade se retrouve dans le coticule. Il donne la carte et décrit le gisement de la carrière du *Trou du moulin* devant Viel-Salm. Il ressort du texte et du diagramme que von Dechen n'admet pas la concordance du coticule et du phyllade.

La disposition exceptionnelle de ces couches, telle qu'elle nous est décrite par les savants que nous venons de citer, suggère à Nöggerath² la remarque que les faits relevés à Viel-Salm et en particulier ceux observés par von Dechen, montrent à l'évidence qu'on ne doit point admettre d'une manière absolue que la matière des filons a été introduite après coup dans des fissures; le manque de salbande et le feuillement, etc., sont des preuves que le coticule n'est pas une formation postérieure à celle du phyllade. Il cite à l'appui de cette opinion le passage de d'Omalius que nous avons rapporté tout à l'heure; mais il nous semble que Nöggerath, dans la traduction du texte de d'Omalius, attribue au mot *veine* employé par le géologue belge un sens que le contexte ne comporte pas. Nöggerath rend ce terme par *gangartig*, tandis qu'il est tout naturel dans cette citation de ne donner au mot *veine* que le sens si souvent usité en minéralogie ou dans l'exploitation des mines; d'Omalius aura mis *veine* de coticule comme on dit *veine* de charbon. Le passage du géologue belge auquel il est fait allusion ici ne renferme d'ailleurs aucun détail stratigraphique dont on pourrait déduire l'interprétation donnée par Nöggerath.

Le Mémoire d'André Dumont sur la province de Liège parut en 1832³.

¹ Nöggerath : *Das Gebirge in Rheinland-Westphalen*. Bonn, 1824. *Einige geognostische Beobachtungen in den Ardennen angestellt, besonders über ein merkwürdiges Wetzschiefer vorkommen bei Salm-Château*, 5^{me} vol., p. 484.

² *Das Gebirge in Rheinland*, etc. Note, pp. 188, 189.

³ ANDRÉ DUMONT, *Mémoire cour., de la constitution géologique de la province de Liège*. (MÉMOIRES COUR. DE L'ACADEMIE DE BRUXELLES, 1832, t. VIII, p. 20.)

Dans cet ouvrage le grand géologue belge est moins explicite sur les roches de Viel-Salm que les auteurs dont nous venons de rappeler les observations sur le coticule. On voit dans les passages relatifs à cette roche que Dumont distinguait à cette époque deux modes de gisement pour la pierre à rasoir ; il considérait quelques veines comme des filons ; pour d'autres, il les envisageait comme des couches. Ces premiers qu'il croyait les plus nombreux suivaient la division dont l'inclinaison au nord fait avec des feuillets des angles de 60° à 90°. Dans ce Mémoire se trouve aussi la division des schistes et des ardoises de cette contrée, et Dumont y établit que c'est son schiste ardoise rougeâtre (*phyllade oligistifère*) qui renferme le coticule ; il fait remarquer que la pierre à rasoir n'a pas encore été rencontrée dans le schiste diallogique (*phyllade ottrelitifère*).

Les Archives de Karsten et von Dechen de 1846 renferment un travail sur les phyllades et le coticule du terrain salmien. Ce mémoire dû au Bergmeister Baur¹ de Duren, est incontestablement l'un des plus importants que l'on ait publié sur cette contrée, et il contient en même temps des considérations théoriques de la plus grande portée. Dans cette belle étude sur le gisement du coticule et la stratigraphie de ce massif, Baur aborde et résout le problème que présente le feuillement dont la cause était restée ignorée jusqu'alors². D'après ce savant, les veines de coticule sont toujours paral-

¹ *Archiv für Mineralogie, etc. Von Karsten und von Dechen, Über die Lagerung der Dach-schiefer, über Wettschiefer und über die von der Schichtung abweichende Schieferung der Thonschiefer in nordwestlichen Theile des Durener Bergamts-Bezirks von Baur, 1846; tome XX.*

² En donnant l'historique des travaux sur les roches qui sont l'objet de ce Mémoire, nous ne pouvons passer sous silence la remarquable découverte à laquelle leur étude conduisit Baur, d'autant plus que dans des travaux récents on attribue encore à Sharpe la priorité des vues théoriques développées dans le travail que nous analysons. (Cfr. David Forbes : *On strati-fication, foliation; 1872.*) Sharpe n'a publié ses recherches sur le feuillement qu'en 1847 (*Quart. Jour. géol. Soc., 1847, tome III, page 74*), et ses arguments sont tirés principalement de la déformation des fossiles. Avant le mémoire de Baur, on connaît depuis longtemps, comme on le voit dans nos citations de von Dechen et von Oyenhause, la distinction à établir entre la stratification et la schistosité. Sedgwick avait montré comment les feuillets se poursuivent malgré l'allure irrégulière des couches relevées et ployées et comment aussi les feuillets conservent sur de grandes étendues un parallélisme constant. Pour expliquer cette structure feuillettée, on avait eu recours à des actions cristallines polaires ou électri-

lèles à la schistosité des couches encaissantes; elles en suivent toutes les ondulations. C'est l'étude des gisements de Recht qui a fourni à ce géologue les arguments les plus convaincants en faveur de cette interprétation. Il avoue qu'à Sart et à Salm-Château la question n'est pas aisée à résoudre; car les roches y étant moins à découvert qu'à Recht, la disposition des couches y est plus difficile à vérifier que dans le prolongement du terrain salmien sur le territoire allemand. Dans son mémoire, il établit l'allure des couches et celle du feuillement qui coupe habituellement la stratification sous un angle très-aigu; il y montre que la direction des feuillets est constante non-seulement pour le terrain ardennais du massif de Stavelot, mais encore pour les roches schisteuses du dévonien. Il distingue ces deux directions principales par leur allure régulière au milieu des joints qui sillonnent les roches et il observe que la stratification est marquée par des lignes ou zones ondulées suivant lesquelles le clivage est moins facile. Celui-ci s'effectue plus aisément suivant les feuillets, auxquels il reconnaît une constance invariable de direction. Ce mémoire contient une description stratigraphique détaillée des gisements du coticule et il ressort des faits nombreux analysés

ques et ces hypothèses étaient admises par les plus éminents géologues, jusqu'au moment où Baur montra, dans le mémoire que nous citons, que le clivage a pris naissance lors du contournement des couches et qu'il paraît résulter d'une pression, normalement à laquelle il s'est développé. (Cfr. Daubrée : *Études sur le métamorphisme* (MÉMOIRES PRÉSENTÉS PAR DIVERS SAVANTS A L'ACADEMIE DES SCIENCES, I. XVII, p. 40). Ce qui amena Baur à cette interprétation, que les expériences de Sorby, de Daubrée et de Tyndall confirmèrent d'une manière si concluante, c'est l'interprétation des nombreux plissements qu'il observa dans le terrain ardoisier et schisteux qu'il étudiait. Il fut conduit à conclure que tout ce massif fut soumis à une pression puissante qui, s'exerçant du S. au N., causa le repliement des couches. Les masses soumises à l'action de cette poussée et ne pouvant céder davantage, éprouvèrent ce qu'il nomme une *tension interne* dont le résultat se traduisit par la formation des feuillets. Leur direction, d'après Baur, doit être perpendiculaire à la pression; et dans le massif la division en feuillets est constamment dirigée de l'E. à l'O. En admettant la cause qu'il assigne à ce phénomène, on doit toutefois faire une réserve sur un point : Baur avance d'une manière générale que le feuillement est toujours normal à la pression; il résulte toutefois de récentes recherches de M. Daubrée qu'il n'en est point ainsi. Ce savant vient de démontrer par des expériences du plus haut intérêt qu'il peut se produire un feuillement autrement que par une pression perpendiculaire; il en obtient un nettement caractérisé *dans le sens même de la pression et du mouvement*. (COMPTES RENDUS, 1876, t. LXXXII, p. 715. *Expériences sur la schistosité des roches et sur les déformations des fossiles, corrélatives de ce phénomène; conséquences géologiques de ces expériences.*)

avec soin par l'auteur que cette roche forme dans le phyllade oligistifère des couches concordantes; nous arrivons nous-même par une autre voie à confirmer les conclusions si habilement développées dans le célèbre travail que nous venons de citer.

Une année après la publication des recherches de Baur, A. Dumont faisait paraître son mémoire sur les terrains ardennais et rhénan. Dans la description de la partie supérieure de son système salmien¹ on voit qu'il a modifié les idées qu'il exprimait sur le coticule en 1833. Se rapprochant tout à fait de l'interprétation que venait d'émettre Baur, il admet que cette roche forme des couches de quelques centimètres d'épaisseur parallèles entre elles et au plan de stratification². Après avoir décrit les caractères pétrographiques du coticule, Dumont indique les diverses bandes où on le voit apparaître et les points où il était exploité de son temps. Les carrières de Sart lui offrent une coupe très-intéressante, où l'on voit les couches de coticule parfaitement concordantes avec la stratification du phyllade former plusieurs bassins sur un petit espace, se répéter au moins quatre fois en ordre inverse ou symétriquement par rapport aux lignes synclinales et anticlinales. Ce fait apparaît avec évidence dans la belle coupe de la carrière de M. Wallerant donnée par Dumont, comme aussi dans la coupe dessinée par Baur et prise dans une carrière à peu de distance du chemin de Saint-Vith à Recht. Nous renvoyons à ces auteurs, et surtout à Dumont, pour les détails locaux qui abondent dans ses mémoires.

Avant d'aborder la description lithologique du coticule et des roches qui l'accompagnent, résumons les opinions émises sur les caractères du schiste novaenlaire et sur son mode de formation déduites surtout des observations stratigraphiques et de l'aspect macroscopique de cette roche.

Pour d'Omalius, le coticule « ne constitue pas des filous remplis postérieurement, » mais il forme une partie intégrante des couches; sur ce point tous les géologues sont unanimes. Von Oyenhause et von Dechen interprètent les

¹ A. DUMONT, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan*, t. XX des MÉMOIRES DE L'ACADEMIE BELGE, 1847, pp. 126 et suiv.

² *Loc. cit.*, p. 127.

bandes de coticule comme des *filons primaires*¹ dont l'allure plus ou moins irrégulière ne répond pas à la stratification; c'est aussi l'opinion que Dumont se faisait lorsque, en 1853, il publiait son premier mémoire. Enfin Baur démontre par des raisons probantes tirées de la stratigraphie que le coticule forme de véritables couches dans le phyllade, et Dumont, dans son mémoire sur les terrains ardennais et rhénan, abandonnant sa première interprétation, arrive à celle proposée par Baur. Toutefois l'allure irrégulière des couches dans la contrée où l'on exploite le coticule rend à tel point difficile l'observation, qu'il règne encore parmi quelques géologues des doutes sur l'interprétation véritable de cette roche; ce qui la rend difficile, ce sont les nombreux plis synclinaux et anticlinaux ordinairement renversés dont les couches de ce massif sont affectées². Nous avons voulu voir si un examen

¹ La dénomination de *filons primaires* que nous empruntons à un récent travail de notre savant ami M. C. Lossen (*Zeitsch. der deut. Geol. Gesell.*, t. XXVIII, p. 967) rend exactement la pensée des géologues dont nous rapportons l'interprétation. Ces filons primaires se distinguent des secondaires en ce que ceux-ci sont constitués d'éléments minéralogiques déposés après coup dans les fissures de la roche. Les filons primaires furent formés au moment où la roche qu'ils traversent se solidifia. Les minéraux qui les constituent ne sont pas non plus ceux des filons secondaires. Ordinairement la seule différence minéralogique présentée entre les filons primaires et la roche encaissante, c'est que les éléments minéralogiques de celui-ci sont plus ou moins colorés par les substances qui donnent la teinte générale de la roche; tandis que les minéraux des filons primaires n'ont pas cette teinte, et l'on dirait que les matières colorantes se sont isolées dans la masse de la roche. La formation de ces veines à allure irrégulière, solidifiées en même temps que les roches qu'elles traversent, est un fait souvent observé; nous en avons des exemples fréquents dans les lylites noires traversées par un nombre considérable de veines blanches. Les quartzites des Ardennes sont ordinairement sillonnés par des veines de quartz blanc compacte ou laminaire; ces veines y sont quelquefois si nombreuses et s'unissent toujours si intimement avec la masse grevée, que tout semble avoir été formé d'un seul jet. (ÉLIE DE BEAUMONT, *Mémoire pour servir à une description géologique de la France*, 4 vol., p. 256, 1850.) Les calcaires carbonifères belges sont traversés en tout sens de veines blanches dont quelques-unes paraissent être primaires. D'Omalius les interprétait de la même façon lorsqu'il dit que « les marbres du Hainaut sont traversés par une infinité de petits filons blancs..., on dirait » voir deux pâtes pétries ensemble. » Le microscope décèle à son tour les filons primaires dans les préparations de roche; M. Lossen, qui les a signalés dans les porphyroïdes de Rübeland, a démontré l'importance qu'on doit leur attacher dans les questions relatives à l'origine des roches qu'ils traversent.

² G. DEWALQUE, *Sur l'allure des couches du terrain camrien de l'Ardenne et en particulier sur la disposition du massif devillien de Grand-Halleux, etc.* (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. I, p. 65.)

détaillé des propriétés lithologiques du coticule pouvait jeter plus de jour sur cette question. Disons dès maintenant que nous sommes amené par nos recherches à admettre l'opinion de d'Omalius avec les développements que lui a donnés Baur et auxquels se rallie Dumont dans ses derniers écrits.

Après cet exposé historique des travaux de nos devanciers, abordons la description pétrographique du coticule. — Cette roche, avons-nous dit, est caractéristique pour la partie supérieure du système salmien de Dumont, l'un des plus remarquables au point de vue du métamorphisme particulier qu'il a subi. C'est surtout à la partie S. et S.-E. du système revinien du massif de Stavelot qu'elle apparaît associée au phyllade oligistifère salmien, exceptionnellement unie au phyllade otrélitifère. Les localités de Lierneux, Sart, Salm-Château, Bihain et Recht sont celles où le coticule est surtout exploité. Les veines de pierre à rasoir interstratifiées dans le phyllade ont une épaisseur d'un à dix centimètres environ; elles sont parallèles entre elles, et d'après tous les observateurs on ne les voit jamais se croiser. Baur et Dumont montrent qu'elles conservent aussi ce parallélisme par rapport aux couches encaissantes dont elles suivent tous les contournements; elles jouent donc, relativement à la stratification, le rôle que les bandes verdâtres et jaunâtres jouent dans les phyllades de Fumay, par exemple. Les veines de pierre à rasoir sont assez rapprochées, comme on peut le voir par les tableaux que Dumont donne de leur dimension et de leur disposition dans les carrières exploitées de son temps. Ces couches sont strato-compactes à feuillets droits ou ondulés, divisibles en prismes rhombiques approchant de 120° et en fragments à surface droite et subconchoïde (Dumont, *loc. cit.*, p. 127). Ordinairement une ligne de démarcation bien tranchée sépare le coticule du phyllade adjacent; toutefois, malgré la différence de teinte et d'aspect minéralogique, ces deux roches sont soudées de la manière la plus intime, jamais on n'aperçoit au contact rien qui pourrait rappeler des salbandes, et l'étude des échantillons, comme celle de l'ailure des couches, indique que le phyllade et le coticule sont, pour le mode de formation et pour la structure, unis par les analogies pétrographiques les plus profondes. Ordinairement les deux

roches adjacentes sont séparées au point de jonction par une ligne nettement tracée; mais il est d'autres cas où des transitions insensibles amènent la teinte du coticule à celle du phyllade; ces roches semblent alors se fondre l'une dans l'autre, et près de la zone moyenne il est difficile de dire si l'on a affaire au coticule ou au phyllade. Cette transition ne s'opère pas seulement au contact des deux bandes, mais on aperçoit dans le coticule des taches bleuâtres ou violâtres de même nature minéralogique que le phyllade. L'étude microscopique, en faisant mieux connaître la composition des deux roches, fera ressortir aussi les raisons de leur association intime et de leur compénétration.

Mais il est un fait qu'il importe de bien saisir : c'est la structure feuillettée oblique du phyllade qui pénètre dans les parties jaunes. Ce fait signalé par d'Omalius fut mis en relief par Baur, qui prouva que les plans suivant lesquels s'effectuait le feuillettage commun au phyllade et au coticule n'étaient point ceux des couches, mais correspondaient à la schistosité, et que celle-ci conservait une direction et une inclinaison constantes. Ce feuillettage commun aux deux roches montre bien qu'elles étaient constituées toutes les deux lors du contournement des couches. Dans les variétés peu compactes de coticule adjacent au phyllade on réussira presque toujours à détacher par le choc des lamelles qui sont à un bout du coticule et à l'autre du phyllade oligistifère. C'est un fait que nous avons vérifié bien des fois en taillant des lames minces pour nos préparations microscopiques; il est même assez facile de réduire à une extrême minceur les lamelles composées de ces deux zones, et vers la fin du polissage, alors que la résistance est très-faible et que souvent la préparation se brise sous la moindre pression, nous n'avons jamais remarqué que la rupture se soit faite suivant la ligne qui sépare les deux roches.

La surface des feuillets obtenus par la cassure du coticule est grenue, plus mate et moins régulière que celle des phyllades. Pour les variétés de coticule qui fournissent les bonnes pierres à rasoir, la compacité et l'homogénéité de la roche s'opposent à la fissilité, telle que nous venons de la décrire; mais elle existe, peut-on dire, à l'état *latent* comme le clivage dans certains cristaux qui ne se montre pas avant qu'on l'ait fait naître par le choc.

Généralement ces feuillets sont droits, quelquefois aussi ils sont légèrement courbés : on pourrait les prendre alors pour des joints de stratification;

mais Baur a montré que bien souvent la schistosité des phyllades de cette région subit des ondulations plus ou moins accusées; il est telle ardoise de cette contrée dont les feuillets sont courbes, ce qui la rend spécialement propre à couvrir les toits en forme de dôme.

C'est sur les tranches de coticule taillé plus ou moins perpendiculairement à ce clivage facile que l'on aperçoit le mieux les lignes qui limitent les feuillets; elles se distinguent d'autant mieux qu'elles sont quelquefois légèrement indiquées par des enduits blanchâtres développés postérieurement dans ces joints.

Une particularité très-intéressante est celle de l'existence d'un second feuillettage moins net, à vrai dire, que le feuillettage principal, mais que le phyllade et le coticule présentent d'une manière très-caractéristique, et nous ne pensons pas qu'aucune roche nous le montre mieux marqué. Ce second feuillettage n'a pas la surface des feuillets aussi lustrée que le clivage facile dont nous avons parlé tout à l'heure. En admettant les idées théoriques généralement acceptées pour expliquer l'origine du feuillettage, nous sommes porté à considérer les roches en question comme ayant été soumises à deux reprises à des phénomènes de pression qui y développèrent la schistosité; elles éprouvèrent la première lorsque les sédiments qui constituent ce massif étaient encore à l'état plus ou moins plastique, et la seconde lorsqu'ils avaient acquis un état plus rapproché de la solidification.

On ne voit jamais dans la direction des feuillets le coticule sillonné par des bandes de composition minéralogique différente, tandis que la stratification dont nous allons parler est marquée dans certaines veines de pierres à rasoir par des couches d'aspect divers. Ces bandes, souvent rigoureusement parallèles aux couches de phyllade, sont plus compactes, d'une coloration jaune-bleuâtre ou gris-bleuâtre pâle; elles ont au fond la même composition minéralogique que le coticule et ne sont, en effet, que des modes différents d'agrégation des éléments constitutifs de cette roche. Le clivage s'opère assez difficilement suivant les bandes que nous venons de mentionner; leur épaisseur varie de quelques millimètres à plusieurs centimètres.

Quelquefois une couche de coticule est divisée par l'intercalation d'une veine de phyllade oligistifère de moins d'un centimètre d'épaisseur; elle est à son tour parfaitement concordante avec les zones jaunâtres de pierre à rasoir.

Nous avons remarqué aussi que la bordure de certaines couches de pierre à rasoir est formée d'une zone phylladeuse où le fer oligiste est représenté plus abondamment que dans le corps du phyllade oligistifère normal.

Nous retrouvons dans certains échantillons de coticule très-dur de Salm-Château la répétition sur une petite échelle des contournements et des ploisements de couches que nous observons en grand dans le massif. Ces échantillons sont formés de feuillets fortement ondulés, épais de 5 millimètres à un centimètre en moyenne et se poursuivent sur toute l'étendue du fragment; ils s'enlèvent les uns après les autres sous le choc du marteau. Une section transverse de l'échantillon montre sur une face préalablement polie les ondulations parallèles dont nous reproduisons le dessin ci-contre; elles rappellent assez bien ce que l'on observe dans certaines géodes d'agate, mais ici les bandes ne sont pas symétriques.



La cassure facile suivant ces couches n'a rien de commun avec le feuillement; elle provient surtout des différences minéralogiques présentées par chacune de ces bandes.

La teinte du coticule est assez homogène; elle est généralement jaune-clair dans les variétés les plus pures,

elle est grise ou gris-jaunâtre lorsque la séparation du phyllade n'est pas nette; certaines parties du centre des couches offrent aussi une teinte bleuâtre pâle; on voit plus rarement cette roche colorée en violâtre.

Dans la cassure légèrement ondulée et conchoïde les échantillons de pierre à rasoir montrent des lamelles confuses d'une phyllite à éclat cireux et mat. En étudiant ces cassures à la loupe et à l'aide de la réflexion d'une forte lumière, on aperçoit sur les feuillets des points brillants dus au miroitement de granules cristallins de dimensions infinitésimales. Ce mode d'observation ne peut suffire à déterminer la nature minéralogique de ces corpuscules

microscopiques; mais l'examen des lames minces permet, comme on le verra, de nous prononcer sur l'espèce minérale à laquelle il faut les rapporter. Les savants qui se sont occupés de l'étude du coticule ont admis que c'était du quartz finement divisé répandu dans la roche qui lui donnait sa dureté et les propriétés qui justifient son emploi comme pierre à aiguiser, et c'est bien au quartz que l'on serait tenté de rapporter ces granules si l'étude au microscope ne nous faisait découvrir des faces cristallines et des propriétés optiques qui doivent nécessairement écarter cette interprétation. A l'œil nu on voit seulement que les bonnes pierres ont le grain très-serré; des lamelles phylladeuses apparaissent faiblement dans les cassures; en général les différents éléments qui composent la roche sont tellement atténués qu'elle paraît n'être formée que d'une substance parfaitement homogène. Dans quelques échantillons moins compactes on peut distinguer les membranes de phyllite généralement allongées dans le sens du feuillement; mais elles ne sont jamais aussi bien individualisées que les lamelles de séricite des porphyroïdes de Belgique et des Ardennes françaises; les dimensions microscopiques des éléments granulaires ou prismatiques qu'elles enchaissent ne provoquent pas ces ondulations caractéristiques que nous montrent les roches à *structure gneissique*. La phyllite du coticule n'a pas non plus l'aspect argenté et naercé de la séricite ni les réactions pyrognostiques de ce dernier minéral.

La zone de coticule oligistique qui accompagne la veine La Pareu dans les carrières actuellement exploitées à Hebronal est moins homogène et son aspect est exceptionnel. Les échantillons que nous y avons recueillis sont moins durs, moins compactes que le coticule ordinaire; le feuillement est fortement indiqué et les lamelles phylladeuses ondulées donnent à la roche une structure fibreuse; on dirait voir du coticule altéré ou mieux encore un phyllade grossier qui a pris la teinte de la pierre à rasoir; c'est comme une transition entre ces deux roches. Les paillettes de fer oligiste répandues en grand nombre à la surface des membranes phylladeuses n'ont pas la couleur rougâtre des petits cristaux que présente ce minéral dans le phyllade adjacent; ces points oligistiques appartiennent à l'oligiste terreux et sont entourés quelquesfois d'une petite zone de limonite.

Les minéraux accidentels, les plus fréquemment rencontrés avec le coticule,

sont le quartz et le manganèse. Le premier, beaucoup moins représenté dans cette roche qu'on ne l'a souvent avancé, s'y voit sous forme de petites veines, et l'on sait que leur présence détruit les qualités qui font rechercher le coticule comme pierre fine à aiguiser. Le manganèse se montre souvent sous forme d'enduits ou de dendrites; il n'est pas rare non plus de trouver des fragments imprégnés à tel point d'hydroxyde de manganèse qu'il est difficile de reconnaître dans cette roche noire brunâtre, à la cassure plus ou moins luisante, le coticule dont les caractères extérieurs sont tout à fait effacés; seulement, lorsqu'on vient à briser ces fragments, on découvre bientôt quelques plages jaunâtres où le manganèse ne s'est point infiltré et qui présentent au point de vue de la composition et de la structure les vrais caractères du coticule, comme on le verra bientôt dans notre description microscopique.

Nous avons observé aussi dans des fissures de petites masses fibreuses et palmées de 1 à 2 millimètres; elles sont tendres, blanc-jaunâtre et doivent être rapportées à la pyrophyllite.

Nous faisons suivre deux analyses du coticule, la première fut faite par M. le Dr von der Mark sur des échantillons de pierre à rasoir de Recht; elle nous fut communiquée par Son Exe. M. von Dechen.

SiO ₂	48,75
TiO ₂	traces
Al ₂ O ₃	19,58
Fe ₂ O ₃	2,42
MnO	21,71
CaO	0,28
Na ₂ O	1,57
K ₂ O	5,51
Fluor	traces
Perte	2,40
	99,88

Cette analyse que nous connaissions avant de commencer nos recherches microscopiques sur le coticule montrait pour cette roche une teneur si exceptionnelle en manganèse qu'il nous parut utile pour contrôler nos résultats d'en avoir une seconde dont nous fournirions les éléments extraits des échantillons

mêmes sur lesquels nous devions étudier. Grâce à l'obligeance de notre ami M. Lossen, une seconde analyse très-complète du coticule fut faite pour nous à l'Académie royale des mines de Berlin par l'analyste M. Pufal; elle fut soigneusement revue par M. le Dr Finkener, directeur du laboratoire de l'École des mines. Voici les résultats de M. Pufal :

SiO ₂	46,52
TiO ₂	4,17
Al ₂ O ₃	25,54
Fe ₂ O ₃	4,05
FeO	0,71
MnO	17,54
MgO	4,15
CaO	0,80
Na ₂ O	0,50
K ₂ O	2,69
H ₂ O	5,28
Substances organiques	0,02
Co ₂	0,04
Po ₃	0,16
S	0,48
	99,15

L'interprétation de ces analyses trouvera naturellement sa place dans la description microscopique qui va suivre.

M. Pufal et nous-même avons obtenu comme poids spécifique de la roche 3,22.

Pour arriver aux résultats consignés dans cette seconde partie de notre travail, nous avons taillé et poli plus de soixante lames minces des roches à décrire, les choisissant dans toutes les variétés que nous pûmes recueillir aux divers gisements.

Si l'on veut se donner une idée d'ensemble de la structure intime du coticule, il faut l'étudier d'abord à l'aide des faibles grossissements du microscope. Les lames transparentes de cette roche, soumises à cet examen,

montrent une substance micacée incolore qui semble constituer en grande partie la masse fondamentale. Ces fibres phylladeuses sont criblées d'un pointillé noir dû à une innombrable quantité de granules qui apparaissent comme des points opaques. On voit de plus un grand nombre de microlithes extrêmement ténus se présentant sous la forme de simples traits; on en remarque aussi de dimensions plus grandes, mais beaucoup plus clair-semés et dont la teinte est le vert bleuâtre. La phyllite est presque toujours complètement voilée par le nombre prodigieux de corpuscules plus ou moins circulaires répandus à la surface des filaments; c'est surtout le cas dans les bonnes pierres à rasoir bien homogènes. Elle se montre mieux dans les bandes de coloration gris-bleuâtre sur lesquelles nous avons appelé l'attention dans la description macroscopique; ces bandes sont ordinairement composées, pour la plus grande partie, de substance micacée, presque sans aucune interposition de granules; toutefois les formes prismatiques y abondent alors; ces microlithes s'y groupent et s'y alignent avec leur grand axe orienté parallèlement à la direction des feuillets micacés. Dans tous les cas où l'on peut observer ces cristaux microscopiques on leur voit une tendance à suivre une direction constante.

On remarque dans nos préparations des veines plus claires presque sans interpositions, où domine surtout la phyllite (fig. 4). Ces veinules microscopiques n'ont pas l'allure régulière des bandes dont nous venons de parler, mais elles ne nous paraissent pas cependant des fissures remplies après coup de substance micacée; elles doivent avoir été formées dans le temps même où la roche a pris le caractère pétrographique qui la distingue.

En effet, on remarque que ces veinules renferment constamment tous les éléments que nous trouvons être les parties essentielles du coticule; par conséquent on doit les considérer comme des filons primaires dans le sens que nous avons précisé plus haut. Au moment où la roche se solidifiait, il y existait des fissures ou des solutions de continuité et la phyllite aura cristallisé dans ces joints. Que ces veines aient été remplies à ce moment, c'est ce que prouve la présence dans ces filons microscopiques des divers minéraux constitutifs de la roche. Une fissure postérieurement remplie ne renfermerait pas toutes les espèces minérales qui forment la roche encaissante et elle présenterait des caractères tout autres. Quelquefois ces filons microscopiques ne

traversent pas toute l'étendue de la plage observée; on les voit s'élargir et former des amas lenticulaires dont la structure et la composition sont les mêmes que celles des veinules.

Aucun des caractères microscopiques ne permet à lui seul d'identifier avec certitude ces lamielles avec une phyllite déterminée. On sait que l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre dans l'analyse microscopique des roches, c'est la détermination à l'aide de ce mode d'investigation des diverses espèces de mica, de chlorite, etc., pour lesquelles des diagnostics certains n'ont pas encore été découverts. La substance micacée du coticule se présente à vrai dire comme la séricite dans quelques roches des Ardennes; on la voit dans les lames taillées de coticule affectant la forme de membranes légèrement ondulées; en quelques points ces ondulations se répètent sur un petit espace; les lamielles s'enchevêtrent et se croisent dans tous les sens. Étudiée avec l'appareil de Nicol, elle se montre partout biréfringente; toutefois la polarisation chromatique ne se traduit que par une coloration faible. Dans certains cas elle est plus intense; mais c'est moins à la phyllite qu'aux petits prismes dont nous parlerons tout à l'heure, et qui s'y trouvent accumulés en nombre prodigieux, alignés suivant les feuillets, qu'est due l'intensité de la coloration.

On sait que Dumont considérait les phyllades ardennais comme essentiellement formés de pyrophyllite; mais il n'a jamais donné de preuves de son assertion, et nous savons que dans les cas où il a distingué et signalé cette espèce minérale, elle ne joue pas dans les roches le rôle de phyllite: elle constitue dans le système salmien des filons associés au quartz ou bien aux filons de fer oligiste¹. Nous savons en outre que lorsqu'on la trouve tapissant des fissures, on n'est nullement en droit pour cela de conclure à sa présence au sein des phyllades. M. de la Vallée Poussin et nous-même avons démontré que dans les Ardennes françaises la phyllite des porphyroïdes n'est pas de la pyrophyllite, mais de la séricite. Dans leur troisième notice sur les minéraux belges, MM. L. de Koninck et Davreux² ont analysé la substance micacée d'apparence talqueuse qui forme la base d'une nouvelle roche grenatifère,

¹ *Mém. sur les terr. ard. et rhen.*, p. 51.

² *Bulletin de l'Académie royale de Belgique, Sur une roche grenatifère et quelques roches cuprifères de Salm-Château*, t. XXXIII, p. 527, 1872.

découverte par eux à Salm-Château, et sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir. Ces résultats font admettre que cette substance est une variété de mica à base de potasse qu'ils rapportent à la damourite. L'aspect de la phyllite du coticule n'est point tout à fait celui de la masse fondamentale de la roche grenatifère décrite par MM. de Koninck et Davreux. Les lamelles phylladeuses de la pierre à rasoir ne se laissent pas aussi facilement rayer par l'ongle, elles n'ont ni l'éclat argenté ni l'apparence talqueuse de la substance micacée décrite par ces observateurs; mais toutes les différences dans les caractères physiques pourraient bien ne provenir que du mode d'agrégation et des interpositions enchaînées dans les lamelles phylliteuses du coticule. Ce qui nous porte à voir dans la substance micacée du coticule une variété de mica se rapprochant de la damourite, ce sont les grandes analogies minéralogiques du coticule et de la roche grenatifère de Salm-Château; c'est la teneur en K_2O accusée par les deux analyses que nous avons citées, et qui doit se rapporter à la phyllite. Nous croyons donc être très-près de la vérité en considérant celle-ci comme une variété de mica hydraté à base de potasse. Il nous paraît d'ailleurs difficile que l'analyse chimique pousse plus loin l'investigation, car, comme nous allons le voir, ces lamelles recèlent en si grande quantité diverses espèces minérales de dimensions microscopiques, elles sont si intimement unies avec des milliers de corpuscules étrangers qu'on peut dire que ceux-ci constituent le plus souvent les deux tiers de la masse phylladeuse, de sorte qu'il est complètement impossible d'isoler le mica¹.

Si, en partant de cette supposition, on interprète l'analyse du coticule telle que nous la donne M. Pufal, et que l'on considère la potasse comme partie constitutive de la damourite, on prend pour la phyllite :

K_2O	Al_2O_3	SiO_2	H_2O
2,69	8,8	10,5	2,69.

¹ Les enclaves ou interpositions de nombreux corps étrangers au sein des minéraux cristallisés apparaissant très-purs à l'œil nu, mais que le microscope montre criblés de microlithes, expliquent dans bien des cas les irrégularités de composition que dévoile l'analyse chimique. L'analyse du mica hydraté de Salm-Château que nous ont donnée MM. de Koninck et Davreux, à en juger par ce que nous observons dans les lames minces de cette roche, a été faite sur une substance minérale presque sans enclaves, et doit rendre exactement la composition du minéral.

Après avoir vu la microstructure présentée par la masse fondamentale du coticule, passons à l'étude détaillée des divers éléments encaissés dans les lamelles micacées. Pour cette étude il est indispensable de faire usage de grossissements de 600 à 800 diamètres. On voit alors s'individualiser nettement les innombrables granules répandus à la surface des fentilles, et la roche paraît en certains points n'être composée que de ces formes globulaires dont l'agglomération voile alors l'élément phylladeux (fig. 1 et 2). La dimension moyenne de leur diamètre ne dépasse guère 0,02 de millimètre et, d'après une évaluation approximative, un millimètre cube de coticule en contient plus de 100,000. Même avec les grossissements dont nous faisons usage, il se trouve des granules qui apparaissent encore comme des points opaques. Ces globules sont ordinairement sphériques, quelquefois légèrement étirés; dans d'autres cas on les voit terminés par des lignes cristallographiques. Lorsqu'ils gisent isolés, on aperçoit leurs contours limités par des faces régulières, ordinairement en losange, et que l'on doit rapporter à celles du rhombododécaèdre. Le plus souvent, la dimension infinitésimale de ces cristaux leur a fait conserver leur intégrité dans le polissage; leurs formes sont donc fermées de toutes parts et malgré l'extrême minceur de la préparation microscopique, ils n'ont pas été atteints par le polissage de la lamelle. Ce n'est que dans des cas assez rares et dont nous parlerons tout à l'heure, que les proportions plus grandes de certains individus ont donné lieu à des sections quadratiques ou hexagonales. L'intégrité de ces corps cristallisés renfermés dans une substance biréfringente permet difficilement, en certaines plages, de juger des propriétés optiques de ces formes circulaires ou polyédriques; mais en observant avec attention ceux d'assez grande dimension qui percent des deux côtés au travers des membranes phylladeuses, ou bien ceux qui gisent sur les bords de la préparation où la lame mince offre la plus grande ténacité, on les voit s'éteindre entre les nicols croisés. Leur isotropie parfaite et leur forme cristalline doivent donc ranger ces corpuscules plus ou moins globuliformes parmi les minéraux du 1^{er} système cristallin. Vus par transparence, ils apparaissent complètement incolores, bordés par une zone noirâtre assez foncée diminuant d'intensité vers le centre du cristal dont la partie claire brille d'un vif éclat. Ces cristaux

monoréfringents sont, après les plages micacées, les éléments les plus constants et incontestablement les plus caractéristiques du coticule. Nous les avons retrouvés invariablement dans toutes les variétés de pierres à rasoir du terrain salmien, tantôt, comme nous l'avons dit, agglomérés en nombre prodigieux au point de masquer la masse fondamentale, tantôt alignés et formant chapelet, tantôt isolés sur les feuillets de la phyllite. Ils se groupent aussi de préférence sur les bords des formes lenticulaires et des petits filons que nous avons décrits plus haut.

En présence de cet ensemble de caractères, on peut se demander quelle est l'espèce à laquelle on doit rapporter ces formes. Quelque étrange et inattendu que puisse paraître le rapprochement que nous sommes forcés d'admettre en rapportant ces globules ou ces petits polyèdres au grenat, et, par conséquent, en envisageant le coticule comme une roche presque exclusivement formée de ce minéral, nous espérons faire voir que cette interprétation n'est en opposition avec aucun des détails de notre description micrographique et qu'elle explique naturellement tous les faits que nous avons signalés et les propriétés mêmes de la pierre à rasoir.

En effet, la forme du rhombododécaèdre et celle des cristaux aux contours arrondis, mais qui laissent entrevoir quelquefois les faces rhombes, indiquent un minéral du 1^{er} système cristallin. Les sections hexagonales ou quadratiques sur lesquelles nous avons appelé l'attention, mènent à la même conclusion, les premières étant produites dans un rhombododécaèdre régulier par une section moyenne entre deux axes, les secondes par une section suivant un des axes. Les globules où n'apparaît aucune face polyédrique, et d'autres qui se montrent comme des points opaques, se rattachent nécessairement par tous leurs caractères aux rhombododécaèdres en question. La monoréfringence de ces cristaux vient à l'appui de notre interprétation. L'indice de réfraction élevé du grenat (μ 1,772) se traduit par l'éclat extraordinaire que revêtent les cristaux lorsqu'on les observe par transparence¹. Le poids

¹ Pour expliquer ce fait il suffira de rappeler que lorsque des rayons pénètrent par un point dans une masse réfringente formant à l'incidence un faisceau hémisphérique les rayons réfractés forment un cône dont l'angle au sommet, donné par l'équation $\sin 2 = \frac{1}{n}$, est d'autant plus petit que n est plus grand.

spécifique élevé de la roche 3,223 trouve de même son explication dans celui du grenat qui la forme presque tout entière. Le poids spécifique du grenat peut monter de 3,4 à 4,3.

On s'était souvent demandé quelle était la substance qui donnait à la pierre à rasoir la faculté d'user l'acier et l'on avait supposé que c'était à du quartz finement divisé, répandu dans la masse de la roche, qu'on devait attribuer cette propriété; or nos recherches démontrent que le quartz n'est point répandu d'une manière uniforme, qu'on ne l'y trouve que sporadiquement, et que ces granules et ces petites veines nuisent aux meilleures qualités de pierres à rasoir. C'est donc bien à ces cristaux de grenat qu'il faut attribuer la dureté de cette roche. Or on sait que la dureté spécifique du grenat est comprise entre les degrés 5,6 et 7,5 de l'échelle de Mohs; c'est ce qui le fait employer souvent, sous forme de poudre grossière, pour remplacer l'émeri.

La constatation du grenat dans le phyllade oligistifère de Recht faite par M. Zirkel¹ et la présence de ce même minéral dans la roche que nous ont fait connaître MM. de Koninck et Davreux, montre bien que le grenat n'est pas plus étranger au terrain salmien qu'il ne l'est au terrain tannusien de Belgique.

Mais ce qui est vraiment étrange et ce qui peut donner le change sur la nature de ces granules, c'est que dans les schistes métamorphiques, les trachytes ou les domites, on ne voit jamais le grenat prendre des proportions aussi petites².

La présence du grenat dans le coticule que nous sommes amené à envisager comme un schiste cristallin, n'a rien d'étonnant; mais il est remarquable que le minéral se rencontre ici sans enclaves microscopiques, sans les fendilllements irréguliers qui caractérisent d'ordinaire ses sections, et sans les formes polyédriques nettement accusées que revêt avec tant de constance le grenat, alors même qu'il est enchassé dans les roches. Toutefois, si ces caracté

¹ Der Phyllit von Recht in Hohen Venn (*Verh. d. Natur. der preuss. Reinl. u. Westph.*, XXXI, 1).

² ROSENBUSCH. *Physiographie*, p. 19. M. Zirkel (*Lehrb. der Petrog.*, II, 450) dit cependant qu'on trouve les grenats dans certains mica-schistes avec des proportions tellement atténuées qu'on ne peut plus le reconnaître à l'œil nu. M. Rosenbusch vient de signaler dans les Vosges des schistes renfermant des grenats microscopiques, qui présentent une analogie complète avec ceux que nous décrivons.

tères semblent faire défaut à la généralité des granules que nous rapportons au grenat il s'en trouve en assez grand nombre, surtout parmi les individus assez grands, chez lesquels on peut constater d'une manière évidente toutes les particularités caractéristiques qui paraissent manquer pour la grande masse des individus. Les grenats dont le diamètre est de 0^{mm},10, et qui sont bien rares, montrent au microscope des contours plus ou moins irréguliers formés d'une zone presque incolore ; au centre apparaît une substance légèrement brunâtre ou violâtre. On remarque quelquefois cette structure pour des grenats d'autre provenance, par exemple, d'après Rosenbusch ¹, pour les grenats d'Auerbach.

Une nouvelle objection se présente ici. On se demande naturellement comment, en admettant que cette roche soit presque exclusivement composée de grenats, on puisse concilier ce fait avec la coloration jaunâtre qu'affecte toujours le coticule. Or c'est l'interprétation de cette teinte qui mène à la détermination de l'espèce de grenat représentée ici. D'après nous, la coloration de la roche s'explique si l'on rattache le grenat à la variété spessartine, détermination qu'un autre ordre de preuves viendra bientôt confirmer.

En considérant la spessartine comme l'élément principal de la pierre à rasoir, on voit que la réunion d'une prodigieuse quantité de ces cristaux infinitésimement petits doit produire une impression d'ensemble donnant la teinte jaune blanchâtre. La spessartine la plus pure se trouve en petits cristaux jaunes transparents dans les granites de l'île d'Elbe, en très-petits grains cristallins jaune-pâle dans le sable diamantifère de Diamantino au Brésil ², en cristaux et petites masses translucides jaunes à St-Marcel. Dana cite le grenat manganésifère de Maine comme étant du plus beau jaune ³. Le granatfels des

¹ *Physiographie der petr. wicht. Miner.*, p. 19. M. Rosenbusch nous écrit avoir trouvé dans les schistes à ottrelite des globules identiquement semblables à ceux du coticule, et nous avons de notre côté constaté leur présence dans un phyllade finement ottrelitifère de Salm-Château. Ce savant, sans se prononcer sur la nature minéralogique de ces formes, nous communiquait encore que, dans certaines préparations taillées dans les spilosites prises au contact des diabases du Harz, il avait découvert les mêmes formes. A en juger par la description que J.-A. Philips donne de quelques schistes du Cornouailler (*Philosophical Magaz.*, n. 271, p. 27), il se peut bien que les granules qu'il y trouva en grande abondance soient des grenats.

² DES CLOIZEAUX, *Man. de min.*, t. I, 1862, p. 276.

³ DANA, *A system of mineralogy*, p. 195.

pétrographes allemands est presque entièrement composé de grenats bruns ou jaunes. Enfin on connaît la variété de grenat jaune nommé *topazolithe* de Massa-Alpe en Piémont. On comprend donc aisément comment l'agglomération des petits grenats spessartine peut produire la teinte de la pierre à rasoir. Mais ce qui nous indique d'une manière plus certaine encore le grenat manganésifère, ce sont les résultats des recherches chimiques : ils nous donnent pour l'échantillon analysé par M. von der Marek jusqu'à 21,71 p. %, et, pour celui analysé par M. Pufal, 47,54 p. %. Cette teneur élevée en myo ne surprendra pas, si l'on se rappelle que la spessartine de Naddam en Connecticut, analysée par Rammelsberg, a donné 33 p. % de manganèse, et celle de Salm-Château, analysée par MM. de Koninek et Davreux, 37,80 p. %.

Si nous calculons dans l'analyse du coticule par M. Pufal, le fer, la magnésie, la chaux et le protoxyde de manganèse comme bases du type R dans la spessartine, nous obtenons :

Al_2O_3	SiO_2
10,21	18,41.

Il reste donc encore 4,53 Al_2O_3 et 17,61 SiO_2 qui doivent se rapporter aux silicates alumineux que nous ferons bientôt connaître; et comme le rapport de SiO_2 aux bases est trop considérable, on peut conclure à la présence de la silice libre sous forme de quartz, ce que nous avons d'ailleurs constaté. Quelques grains de coticule suffisent pour accuser nettement le manganèse par la réaction avec la perle de borax.

Il est inutile de rappeler comment le manganèse imprègne toutes les roches de la région salmienne, et à quel degré s'y sont développés les minéraux manganésifères tels que l'ottrélite, la dewalquite (ardennite de von Lasaulx), etc. Il n'est pas sans intérêt de remarquer que c'est dans le même terrain que MM. de Koninek et Davreux découvrirent cette roche grenatifère où la spessartine s'est développée en cristaux d'une grande pureté, transparents, jaune-rosé ou brun-pâle d'environ un millimètre, quelquefois nettement cristallisés en rhombodécaèdres, et dont la composition se rapproche beaucoup plus de la variété type de spessartine que tous ceux dont les analyses ont été publiées jusqu'à ce jour.

Les échantillons imprégnés d'hydroxyde de manganèse et dont nous avons parlé dans la description macroscopique, se montrent sous le microscope comme un agrégat de petits prismes et de cristaux de grenats avec la substance micacée comme masse fondamentale. Les enduits de manganèse s'étalent à la surface des feuillets phylladeux qui revêtent alors une teinte jaunâtre, et les grenats recouverts de ces mêmes enduits apparaissent comme des globules brunâtres (fig. 2). Certains d'entre eux taillés sur les deux faces et permettant l'examen des propriétés optiques, se montrent nettement monoréfringents. Nous pouvons donc avancer que ces fragments noirs et compactes sont du coticule composé pour la plus grande partie de spes-sartine.

La tourmaline, souvent associée au grenat dans les mica-schistes, est un troisième élément du coticule, il est beaucoup moins répandu que ceux que nous venons de décrire¹. L'examen des plaques minees de cette roche montre, avons-nous dit, deux espèces de formes prismatiques nettement distinctes par leur dimensions, leur coloration et leur système cristallin. Les plus grands de ces microlithes, qui sont de loin les moins nombreux, doivent à notre avis, être rapportés à la tourmaline. Voici les caractères microscopiques sur lesquels nous établissons notre détermination (fig. 3, 4, 5).

Ces sections sont des formes cylindriques allongées dont le grand axe peut avoir en moyenne 7 à 8 centièmes de millimètre, et la largeur 0,01^{mm}; elles sont généralement terminées en haut par des faces se coupant sous un angle plus ou moins ouvert; le côté opposé est terminé par une droite; elles sont traversées par des fentes sensiblement parallèles à cette droite. Leur teinte ne se distingue point par une grande homogénéité; elle est vert-pâle ou bleu-grisâtre, souvent renforcée à l'une des extrémités du cristal. Ce minéral est biréfringent et assez fortement dichroscopique. Les extrémités de ces prismes sont souvent ébréchées, et l'on peut découvrir la même chose aux fen-

¹ Ce minéral n'avait pas encore été signalé en Belgique avant le travail que M. de la Vallée Poussin et moi fimes sur les roches plu Toniennes de notre pays. Il a été découvert pour la première fois dans un cristal de quartz de Quenast. Bientôt après, M. Gustave Dewalque trouva dans la même localité un groupe de cristaux de tourmaline. Depuis ce temps nous avons retrouvé cette espèce minérale dans plusieurs des phyllades ardennais dont nous nous proposons de faire bientôt la description lithologique.

dillements parallèles au pinakoïde d'en bas. Il n'est pas rare de voir ces cristaux disloqués, légèrement tordus, et les divers tronçons gisant à une petite distance les uns des autres. On découvre au sein de ces sections des enclaves noires et opaques.

Les détails de cette description peuvent s'appliquer à la tourmaline. Les recherches microscopiques de M. Anger¹ ont démontré la présence de cette espèce minérale dans un grand nombre de schistes cristallins, et nous retrouvons dans nos plaques minces la ressemblance la plus parfaite entre les minéraux qu'il envisage comme appartenant à la tourmaline et ceux que nous sommes amené à rapporter à la même espèce minérale. Le fluor, dont M. von der Mark a constaté des traces dans cette roche, pourrait avoir son explication dans la présence de ces cristaux au sein du coticule.

Dans l'important travail, que M. Rosenbusch vient de publier sur les schistes de Steiger (*Die Steiger-Schiefer und ihre Contaczone au den Granititen von Barr-Andlau und Hohwald*), ce savant décrit de petits prismes offrant les caractères de ceux que nous venons de signaler et il les rapporte comme nous à la tourmaline. Les propriétés optiques de ces microlithes lui ont démontré qu'ils devaient être des cristaux à un axe optique. Il les rapproche des tourmalines de la luxullianite, avec lesquelles nous avons nous-même comparé les nôtres. On sait que M. Törnebohm a découvert récemment la tourmaline en cristaux microscopiques dans les Halleflinta de Norvège et M. Zirkel dans les schistes tannusiens. Nous avons comparé nos échantillons avec ceux de MM. Törnebohm et Zirkel et nous avons constaté la plus parfaite analogie entre les sections qu'ils désignent comme appartenant à la tourmaline et celles que nous y rapportons nous-même.

Dans le coticule la forme des sections de tourmaline montre une différence de développement pour les deux extrémités : c'est encore un des caractères de ce minéral qui nous offre si souvent les exemples les plus classiques d'énanthiomorphisme.

Les contours des sections de ce minéral nous permettent jusqu'à un certain point de reconstituer sa forme cristallographique.

¹ *Mikroskopische Studien über Klast. Gest.*, par F. A. ANGER (*Mineralogische Mitt. de Tchernomak*), p. 162, fasc. III, 1873.

La face terminale d'en bas est un pinakoïde bien net dans la plupart des cas ; les faces terminales d'en haut paraissent généralement arrondies ; ce qui doit probablement résulter d'une accumulation de faces à cette partie.

Nous observons que cette courbe est plus ou moins surbaissée et que l'angle au sommet présente des variations. C'est ce qui pourrait faire rapporter les cristaux dont l'angle au sommet est plus ouvert au type $\infty P2. - \frac{\alpha R}{2}, R. - \frac{1}{2}R, R$ (faces terminales d'en haut) — $\frac{1}{2}R, OR$ (faces d'en bas). Les sections où les faces supérieures se coupent sous un angle plus aigu se rapporteraient aux cristaux du type $\infty P2. - \frac{\alpha R}{2}$ (en haut) OR (en bas).

Nous avons dit que certaines sections présentaient de légères différences de teinte aux deux bouts. Cette différence de teinte est un fait souvent observé pour la tourmaline ; on sait en effet qu'elle varie dans un même cristal avec la direction par rapport à l'axe du rhomboèdre, ce qui tient au dichroïsme ; mais outre ce phénomène il n'est pas rare qu'un même individu cristallin présente aux deux extrémités des teintes différentes ou tout au moins une teinte d'intensité inégale¹. D'après M. von Lasaulx on remarque ce fait dans les tourmalines microscopiques enclavées dans les grenats des granulites de Saxe².

Nous avons insisté tout à l'heure sur certaines déformations subies par ces prismes ; nous avons fait remarquer que fréquemment ils étaient courbés, tronçonnés, ébréchés et que leurs divers fragments gisent isolés les uns des autres. Ce sont là des particularités souvent observées pour la tourmaline. Rosenbusch³ dit que celles que l'on découvre au microscope sont ordinairement courbées, et la variété dite cylindroïde forme des agrégats de cristaux entrelacés dont les intervalles sont remplis par la matière de la roche environnante⁴. C'est ce que montrent en particulier les tourmalines microscopiques de la pegmatite de Berzé en Auvergne⁵.

Le tronçonnement de ces cristaux nous amène naturellement à parler d'un

¹ NAUMANN, *Elemente der Miner.*, 9^{me} édit., p. 444, 1875.

² VON LASAULX, *Pétrographie*, p. 85. Bonn, 1875.

³ *Physiographie der petr. wicht. Miner.*, p. 255.

⁴ DELAFOSSE, *Cours de minér.*, t. II, p. 198. Paris, 1862.

⁵ VON LASAULX, *loc cit.*, p. 85.

clivage basique que quelques observateurs croient avoir remarqué aux tourmalines microscopiques.

Souvent on voit dans les plaques minces les sections de ce minéral traversées par des lignes parallèles au pinakoïde ; toutefois les traités de minéralogie n'indiquent pas de clivage basique pour le minéral en question. Dana, Des Cloizeaux et Naumann mentionnent seulement les clivages suivant R et $\infty P2$; encore ne sont-ils pas faciles. Au lieu de supposer l'existence d'un clivage basique dont les grands cristaux ne démontrent aucune trace, ne serait-il pas plus exact d'admettre que ces tourmalines microscopiques aux-quelles nous voyons des marques évidentes de remaniement mécanique ont été brisées par l'étirement de la roche ? Cette rupture dans un prisme, comme ceux que nous offrent les sections, s'effectuera parallèlement à la base, direction suivant laquelle se trouvent les points de faible résistance. Les exemples de rupture de cristaux avec étirement, que nous pourrions mettre en parallèle avec ce que nous voyons ici pour la tourmaline, sont nombreux. Nous pouvons rapprocher le fait que nous décrivons du tronçonnement avec écartement des segments de bélémnites de diverses localités des Alpes, si habilement mis en lumière dans le dernier mémoire de M. Daubrée¹.

L'observation que nous fimes conjointement avec M. Zirkel vient lever les doutes qui pourraient rester sur le système cristallin auquel appartiennent ces microlithes. Nous constatâmes dans une préparation de phyllade ardennais riche en tourmaline, une section parallèle à la base et nettement hexagonale qui s'éteignait entre les nicols croisés. Ce fait, joint à tous ceux que nous avons exposés, confirme notre interprétation, qui tend à considérer ces prismes comme appartenant au système hexagonal.

Il arrive quelquefois que nos tourmalines renferment des granules opaques. Ces enclaves noires rappellent l'aspect de la magnétite. M. Rosenbusch, qui a découvert des interpositions semblables dans des tourmalines d'autre provenance, a en vain essayé de les extraire à l'aide du barreau aimanté. Il ne nous paraît pas improbable que ce soient des particules charbonneuses répandues en grand nombre dans le phyllade adjacent.

¹ DAUBRÉE, *loc. cit.*, p. 715.

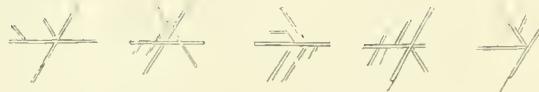
Dans les pages consacrées par M. Zirkel à la description microscopique du phyllade de Recht, cet éminent pétrographe a signalé la présence d'un minéral prismatique jaune verdâtre; pour l'observer, il faut les forts grossissements du microscope, car les individus les mieux développés n'ont pas plus de 0,^{mm}03 de longueur sur 0,005^{mm}. d'épaisseur. Ils sont très-transparents mais assez mal terminés, de sorte qu'il est difficile de déterminer toutes les faces de ces cristaux d'ailleurs toujours complets, mais peu nets. On croit entrevoir les faces du prisme se coupant sous un angle d'environ 90° avec troncature sur les arêtes verticales. Ce savant a remarqué en outre des agrégations irrégulières de plusieurs individus et des cristaux formant des macles géniculées. Comme aucun des caractères de ces microlithes n'est en opposition avec ceux de l'augite, M. Zirkel croit pouvoir les rapprocher de ce minéral. Tels sont en résumé les détails micrographiques qu'il donne sur ces petits prismes (fig. 1, 2, 4).

Nous les retrouvons en abondance dans le coticule, et avec une assez grande variété de formes cristallines qui n'ont pas encore été signalées par les micrographes. Ces cristaux prismatiques du coticule identiques à ceux si bien décrits par M. Zirkel sont répandus sporadiquement dans la phyllite; ils se distinguent des prismes de tourmaline par leurs formes, leurs groupements, leur teinte, et surtout aussi par leurs dimensions. Quelquefois ces microlithes s'alignent, se rapprochent et s'enchevêtrent tout en conservant pour l'ensemble une direction constante du grand axe. En certaines plages on les voit suivre les ondulations de la phyllite, et ils apparaissent de préférence réunis en grand nombre dans les parties où les grenats sont moins nombreux. Nous n'ajouterons rien à l'excellente description que M. Zirkel a donnée des cristaux simples de cette espèce.

Mais nous avons découvert dans nos lames taillées des exemples remarquables de groupements et de macles, que nous devons faire connaître avec quelque détail.

Lorsqu'un certain nombre de ces microlithes gisent réunis, on peut être sûr de découvrir pour quelques-uns d'entre eux un mode d'accolement ou de superposition qui se répète avec trop de régularité et de constance pour n'être pas soumis à une loi cristallographique. Le diagramme ci-contre rend

quelques-uns des groupements les plus simples affectés par les microlithes.



On y voit dominer la macle géniculée avec un angle de près de 60°, et c'est en général sous cet angle que s'effectuent les

croisements ou la juxtaposition de ces microlithes; souvent c'est un grain de spessartine qui sert de point d'attache. On observe aussi que ces prismes ne conservent point la même épaisseur sur toute la longueur; à la partie supérieure ils se présentent comme un simple trait et subissent un renflement brusque qui se continue jusqu'à l'autre extrémité. Enfin dans bien des cas ils donnent naissance par leur disposition ramifiée à des formes plus au moins remplies, qui peuvent être considérées comme la charpente des cristaux que nous avons découverts dans le coticule de Sart et dont nous allons parler.

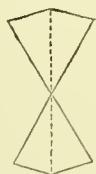
On observe, dans les plaques minces de pierre à rasoir de cette localité, des formes triangulaires jaunes peu transparentes et dont les dimensions montent environ à 0,05^{mm}. La figure 5 de la planche accompagnant ce mémoire rend l'aspect de ces cristaux tels qu'ils apparaissent au microscope à l'aide d'un grossissement d'environ 400 diamètres. Un coup d'œil sur le dessin fait voir que toutes ces formes peuvent se réduire à un type fondamental: une macle géniculée avec 60° au sommet. Ces cristaux sont composés des microlithes jaunes dont nous avons parlé tout à l'heure; ils sont accolés au nombre de 5 ou 6 et se coupent sous le même angle de 60°. Ces sections sont recouvertes de stries parallèles aux deux côtés du triangle, et reproduisent d'une manière bien nette les stries nommées oscillatoires par les cristallographes.

Toutefois ce ne sont point les microlithes du coticule de Sart, mais bien ceux que l'analyse microscopique montre dans quelques échantillons d'Ottrez, qui nous permettent d'observer leur forme cristalline avec le plus de facilité.

Si l'on étudie au microscope certaines variétés de pierre à rasoir d'Ottrez, on découvre avec un grossissement de 700 à 800 diamètres une des particularités les plus suprenantes de la roche que nous analysons. Le champ du microscope apparaît criblé de petits cristaux triangulaires d'une perfection

et d'une délicatesse admirables. On voit que ces petits solides géométriques se rattachent par leurs valeurs angulaires et leurs formes aux microlithes de Sart ; ils en diffèrent par leur transparence parfaite, ils ne sont pas non plus composés, comme ceux-là, de petits prismes juxtaposés et n'ont pas la teinte jaunâtre. Ces différences peuvent, en grande partie, avoir pour cause l'cessive petiteur des cristaux d'Ottrez et leur extrême minceur ; leur base ne mesure souvent pas plus d'un millième de millimètre. Pour donner une idée de leur épaisseur infinitésimale, il suffit de faire remarquer qu'il n'est pas rare d'en voir deux ou trois superposés ; à l'aide de la vis micrométrique on se convainc qu'ils occupent des plans différents dans la lame mince.

Nous avons reproduit dans la figure 3 de la planche quelques exemples de ces superpositions et les formes les plus ordinaires de ces microlithes. Grâce à la délicatesse de tous les contours, on peut ici, mieux que partout ailleurs, essayer de déterminer avec assez d'exactitude le type cristallin auquel appartient ce minéral ; ajoutons toutefois que les dimensions microscopiques de ces microlithes et l'impossibilité où l'on est de les isoler, ne nous permettent de nous prononcer qu'avec une très-grande réserve sur la nature minéralogique de ces formes, que nous signalons pour la première fois à l'attention des savants. — Le diagramme suivant offre la projection des cristaux d'Ottrez, il représente les types les plus simples et fondamentaux.

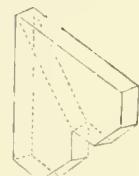


A la vue de ces contours et de la ligne infiniment déliée et d'une netteté remarquable qui joint l'angle au sommet et l'angle obtus opposé, on reconnaît immédiatement des

formes hémitropes, et les deux moitiés polarisant avec les couleurs complémentaires montrent à leur tour qu'elles ont leur axe optique orienté d'une manière différente, comme cela doit arriver dans le cas d'une hémitropie du genre que nous signalons pour la plupart de ces maclels. Ce minéral constitue donc incontestablement dans la plupart des cas des cristaux maclels par juxtaposition. Il arrive aussi que l'on en découvre qui sont maclels par pénétration, par exemple ceux qui sont accolés par le sommet et qui rappellent ce que l'on voit dans certaines maclels de tridymite (fig. 3).

Les angles de ces rhomboïdes, à juger par les évaluations approximatives telles qu'on peut les faire au microscope, sont respectivement de 60°, 90° et 120°; en d'autres termes, ce sont les angles que présentent les hémitropies des cristaux du système rhombique, qui ont une arête d'environ 120°, et pour lesquels l'hémitropie s'effectue suivant le principe cristallonomique : Plan d'hémitropie = une face du prisme d'environ 120°, c'est-à-dire un dôme, par exemple 3P ∞ . Les axes principaux des deux individus forment un angle d'environ 60°.

La figure ci-contre rend la forme cristalline de la macle telle que nous l'interprétons pour les petits cristaux d'Ottrez. Cette interprétation nous rend compte en même temps des macles géniculées que nous offrent ordinairement les petits prismes renfermés dans presque toutes les plaques du coticule, ainsi que des groupements et des macles de Sart.



Malgré tous les détails que nous a fournis l'étude minutieuse de ces remarquables formes cristallines, nous devons avouer qu'ils ne suffisent pas encore à une détermination de l'espèce minérale. Nous sommes de nouveau ici en face de l'un des problèmes les plus difficiles de la pétrographie : celui de rattacher à une espèce macroscopique des cristaux de dimensions aussi petites que ceux que nous avons découverts, cristaux offrant d'ailleurs des caractères qui semblent les rapprocher de minéraux connus. Rien ne nous dit toutefois que ces microlithes ne constituent point une espèce minérale nouvelle. L'abondance des matériaux que nous avions sous la main et le développement extraordinaire de ces formes dans certains échantillons nous ont permis de les analyser avec soin : nous ne sommes pas porté à les considérer comme des augites; pour l'épidote, dont la teinte et les macles¹ présentent des points de rapprochement avec ces microlithes, elle diffère par les autres caractères micrographiques. Pour essayer de lever les doutes sur ce point nous avons parcouru avec attention les macles analogues que donnent les minéralogistes pour les silicates, et nous avons été

¹ D'après Zirkel, von Kokscharow signale des macles d'épidote analogues à celles des microlithes de Sart.

bientôt frappé de la ressemblance de ces macles hémitropes avec celles qu'offre quelquefois le chrysobéryl. Nous sommes heureux de constater qu'un habile cristallographe, M. vom Rath, auquel nous avions envoyé les lames minces d'Ottrez, arrive de son côté à la même conclusion. « Je ne » vois pas de minéral, nous écrit-il, avec lequel on puisse mieux comparer » les formes d'Ottrez qu'avec certaines macles de chrysobéryl. Je ne pré- » tends point trancher la question; cependant qu'il me soit permis d'ajouter » que pour identifier deux minéraux on doit donner un certain poids à leur » mode de provenance et à ce point de vue certains faits viennent appuyer » l'hypothèse en question. Le chrysobéryl se rencontre principalement dans » les schistes cristallins à Takaroje dans l'Oural et à Marschendorf en » Moravie. »

Signalons encore en terminant la partie micrographique relative au coticule deux éléments secondaires, le fer oligiste qui apparaît rarement et sporadiquement surtout au contact du phyllade oligistifère dont nous allons étudier brièvement les rapports avec la roche que nous venons de décrire; et la titanite dont on voit de petites sections irrégulières.

Nous avons rappelé en commençant ce travail que le coticule apparaît presque constamment associé au phyllade oligistifère; nous avons admis qu'il forme dans cette dernière roche des couches régulièrement interstratifiées; nous avons vu comment ces deux roches sont intimement soudées, comment le feuillement de l'une se prolonge dans l'autre; voyons si la microstructure et la composition du phyllade et du coticule présentent les analogies que nous ont offertes leurs caractères macroscopiques. M. Zirkel a donné une excellente description d'un phyllade oligistifère salmien de Recht¹; on sait qu'il est identique à ceux qui près de Salm-Lierneux, etc., renferment le coticule; nous résumerons les recherches du professeur de Leipzig avec lesquelles nos observations sur les phyllades de ces dernières localités concordent. M. Zirkel constate d'abord que les grains rougeâtres appartiennent bien au fer oligiste, comme Dumont l'avait admis. Ces grains

¹ *Der Phyllit von Recht in Hohen venn* (SEPARATABDRUCK AUS D. VERH. DER NATURH. VEREINS DER PREUSS. RHEINL. U. WESTPHALENS, XXIII, pp. 55-56).

apparaissent au microscope colorés en rouge (voir pour toute cette description la figure 6); les sections ordinairement irrégulières sont quelquefois nettement hexagonales. M. Zirkel considère l'accumulation de lamelles de ce minéral comme produisant la teinte rougeâtre violacée du phyllade. Ces paillettes de fer oligiste et les autres éléments de la roche sont enchaissés dans une substance micacée constituant la masse fondamentale du phyllade. Le troisième minéral trouvé dans cette roche est le grenat, qui se montre ici avec les caractères que nous lui avons reconnus dans le coticule; notons toutefois que le grenat est de loin plus abondant dans cette dernière roche que dans le phyllade. On voit aussi des microlithes prismatiques non microscopiques souvent géniculés qui sont de la même espèce minérale que ceux que nous avons décrits dans le coticule, où ils sont bien mieux développés. Enfin M. Zirkel signale un cinquième minéral: ce sont des granules noirs généralement aplatis, opaques et irrégulièrement terminés; il les considère comme des particules charbonneuses si souvent répandues dans les schistes bleuâtres et noirâtres auxquels elles concourent à donner ces teintes. Nous ajouterons seulement à cette excellente description que nous avons découvert dans nos préparations de ce phyllade outre les minéraux mentionnés par M. Zirkel des sections prismatiques que nous rapportons à la tourmaline.

Si nous rapprochons maintenant les résultats auxquels est arrivé le géologue allemand pour le phyllade, de ceux que nous avons obtenus nous-même pour le coticule, on voit apparaître pour ces deux roches de frappantes analogies de structure et de composition, que l'on était loin de soupçonner; mais qui concordent parfaitement avec tous les caractères que l'étude en grand du phyllade et du coticule nous avait appris à connaître. La seule différence qu'ils présentent au point de vue des éléments constitutifs consiste donc en ce que le phyllade renferme d'une manière constante des lamelles de fer oligiste et des granules charbonneux qui lui donnent sa coloration; le coticule ne nous offre que bien rarement des sections de fer oligiste et plus rarement encore des points charbonneux, de là sa teinte plus claire. La planche 6^e est consacrée à reproduire l'aspect microscopique de ces deux roches et l'on voit d'un coup d'œil les différences et les analogies de structure et de composition du coticule et du phyllade que nous venons d'exposer.

Il resterait encore une importante question à élucider, c'est celle du mode de formation de ces roches. Voici ce que les faits que nous avons exposés nous permettent de conjecturer. Le problème se rattache nécessairement à celui de l'origine des phyllades, et l'on sait que les théories présentées par des géologues de grand mérite et appuyées par les récentes découvertes de Zirkel s'écartent notablement de l'interprétation admise jusqu'ici pour expliquer la formation des phyllades. Tous s'accordent à dire que ces roches sont sédimentaires; mais il n'est plus permis, après les recherches du savant que nous venons de citer, d'avancer qu'elles ont été simplement formées par l'agglutination d'éléments élastiques. Avant même que Zirkel eût démontré que ces roches étaient composées souvent pour la majeure partie d'éléments cristallisés en place, de microlithes indéterminables qui n'ont certainement pas subi une action de transport, des arguments d'un autre ordre, très-habilement développés par M. Pfaff¹, commandaient de sérieuses réserves à ceux qui soutenaient la nature purement élastique des minéraux constitutifs de ces roches. Les recherches que nous avons faites ne nous ont point démontré non plus dans le phyllade et dans le coticule qui a été surtout l'objet de notre étude, l'existence d'indices certains de élasticité pour les éléments qui forment ces roches, et nous ne nous tromperons pas en affirmant que pour la majeure partie ils portent les marques les plus incontestables d'une cristallisation en place. Sans nier l'influence d'un métamorphisme qui affecta l'ensemble des couches de ce massif, et qui se traduit en particulier par les phénomènes du feuilletage produit postérieurement au dépôt des roches, nous croyons que le coticule et le phyllade oligistifère doivent être considérés comme ayant conservé au fond à peu près leurs caractères primitifs. En d'autres mots, nous admettons qu'il existait au moment même du dépôt des différences minéralogiques dans les couches de phyllades et dans celles du coticule. Outre les arguments exposés en faveur de notre manière de voir par M. H. Credner², nous faisons valoir en particulier les raisons suivantes :

4^o En admettant la théorie d'un métamorphisme chimique par voie hydro-

¹ *Allgemeine Geologie als exakte Wissenschaft*. Leipzig, 1875, Ch. VI

² *Elemente der Geologie*, 5^e édit. Leipzig, 1876.

thermale, on comprend difficilement cette séparation nette et bien tranchée que nous montrent généralement les bandes jaunes et violacées de l'ardoise et du coticule, et telles que les présente chaque pierre à rasoir. Le fait de cette séparation est tellement accentué que l'art même cherche à l'imiter en collant une plaque de coticule sur un fragment de phyllade. Il est important de noter ce point sur lequel nous avons insisté, en démontrant que cette ligne de démarcation entre les deux roches est toujours celle qui indique les couches. Pourquoi le métamorphisme aurait-il toujours choisi cette direction pour exercer son influence limitée à ces minces couches?

2^o La manière dont les lamelles micacées enlacent et revêtent les cristaux microscopiques de ces roches, paraît indiquer une disposition primordiale. On comprend difficilement cette structure en admettant une cristallisation due à un métamorphisme hydro-thermal qui aurait développé ces minéraux au sein d'une roche déjà solidifiée ¹;

3^o L'analyse microscopique qui montre si bien dans un grand nombre de cas la marche graduelle de la décomposition dans les roches cristallines, en nous faisant retrouver les produits secondaires qui dérivent de leurs minéraux constitutifs, ne nous a fait rien découvrir ici de la masse primitive dont la transformation aurait donné naissance aux éléments cristallins qui forment la roche en question. Nous ne pouvons y suivre, comme on peut le faire dans les roches cristallines renfermant des produits de décomposition par voie hydro-thermale, les différentes étapes par où auraient dû nécessairement passer les éléments formés aux dépens de sédiments primitifs dont on ne retrouve aucune trace.

Nous admettons donc pour le coticule et pour le phyllade que les éléments cristallins qui les composent sont bien là dans leur lieu d'origine, et qu'ils ont pris naissance très-probablement lors du dépôt de ces sédiments.

¹ Nous ne prétendons pas affirmer que dans tous les cas le grenat, par exemple, n'est pas dû à une action métamorphique. Nous montrerons bientôt qu'il est nécessaire d'admettre la formation de ce minéral par voie métamorphique dans les roches amphiboliques et les quartzites grenatifères du terrain tannusien des environs de Bastogne. Ces roches seront l'objet d'un prochain travail; nous espérons pouvoir y démontrer que dans ces quartzites, renfermant à la fois le *Spirifer macropterus* et le *Chonetes sarcinulata*, les grenats associés aux fossiles que nous venons de nommer sont dus à une action métamorphique postérieure au dépôt.

ments. Nous sommes porté à considérer ces roches comme le résultat d'une cristallisation directe au sein de la mer salmienne, dont les sédiments de composition minéralogique alternante étaient tantôt ceux qui devaient donner les bandes de coticule, tantôt ceux qui devaient former les couches de phyllade oligistifère¹.

Les roches désignées sous le nom de coticule ou de novaculite sont assez rares. Le manuel de pétrographie de Zirkel (*Lehrbuch der Petrographie*, Bonn, 1866, t. II, p. 60), le plus complet que nous possédions ne renseigne qu'un point, en dehors du massif salmien, où l'on trouve cette roche : ce sont les environs de Katzhütte en Thuringe. Grâce à l'obligeance de M. le directeur Richter, nous avons pu comparer les pierres à aiguiser de la Thuringe et celles de notre pays. En Thuringe, ces roches appartiennent au terrain cambrien ou au terrain azoïque, dont elles forment des couches intégrantes, en parfaite concordance avec les schistes encaissants ; ces couches se prolongent sur une grande étendue. Ils ne diffèrent des schistes de cette contrée que par des caractères purement accidentels : une couleur plus pâle et moins d'âpreté au toucher. Ce sont, à notre avis, des roches essentiellement quartzo-schisteuses. D'après les renseignements que nous a communiqués M. Richter, ces schistes novaculaires se rattacherait aux porphyroïdes de la contrée ; il n'en différeraient que par l'atténuation ou la disparition des éléments quart-

¹ Quelques échantillons de phyllade oligistifère montrent une modification intéressante, sur laquelle nous arrêterons un instant l'attention. Il arrive bien souvent que les joints naturels et les fissures du phyllade sont garnis d'un enduit blanc-jaunâtre, qui ressemble beaucoup au coticule. Cette bordure, large de quelques millimètres à un centimètre, conserve généralement la même dimension sur tous les contours. Cette décoloration du phyllade s'effectue le long des joints qui répondent au feuillement ; on la voit aussi le long des fissures irrégulières et accidentelles. L'ardoise transformée en cette substance blanchâtre et tendre pourrait être à première vue prise pour du coticule altéré ; cependant l'allure de ces enduits leur assigne à nos yeux une origine différente de celle que nous admettons pour le coticule. D'après nous, ils sont produits sous l'action des agents atmosphériques s'exerçant avec plus d'intensité le long de ces joints et de ces fissures. Les substances organiques, qui contribuent à donner au phyllade sa coloration, sont entraînées par les eaux qui s'infiltrent dans la roche, et les granules de fer oligiste subissent une transformation en limonite, qui se traduit par la teinte jaune-brunâtre de la zone modifiée du phyllade. (Cf. SCHENK : *Ueber das Bedingende der Färbung in den grauen und gelben Dolomiten und Kalksteinen der oberen silurischen Gesteinsschicht. Liv. und Estlands*. — *Archiv für Naturk. Liv. Estl. und Kurlands*, 1^{re} série, tome 1, p. 24.)

zeux et feldspathiques, qui donnent la structure porphyrique aux roches porphyroïdes. Nous avons examiné quelques plaques miuces des pierres à aiguiseur qui nous avaient été envoyées par ce savant; mais nous n'avons point découvert, même dans celles dont l'aspect extérieur rappelle le plus les roches du terrain salmien, les caractères distinctifs de celles-ci.

Nous dirons la même chose des bandes jaunâtres ou verdâtres intercalées dans les phyllades de Fumay. En parlant de ces phyllades de MM. Gosselet et Malaise¹ ont mentionné avec la plus grande réserve l'analogie des ardoises de Viel-Salm et de celles de Fumay. En effet leur couleur est presque la même, les veines blanchâtres et verdâtres des ardoises de Fumay rappellent les veines de coticule de Viel-Salm et elles ont été prises pour de la pierre à rasoir par Sauvage et Buvignier². Nous aurons bientôt l'occasion de revenir sur la constitution des phyllades ardennais; bornons-nous à dire que l'examen microscopique de ces petites veines ressemblant à la pierre à rasoir de Salm n'a pas confirmé le rapprochement qu'on avait eu pouvoir établir. Ces petites couches jaune-verdâtre taillées en lames minces ne nous ont pas encore montré les cristaux microscopiques de grenat, si caractéristiques pour les roches salmiennes; nous y avons découvert un grand nombre de microlithes prismatiques semblables à ceux que l'on rencontre dans presque tous les schistes cristallins; en quelques plages nous avons observé des cristaux rhomboédriques peu attaquables par les acides, et que nous sommes porté à rapporter à la dolomie.

M. Malaise nous a remis un fragment d'une roche schisteuse jaunâtre, trouvée aux environs de Gedinne et que l'on considérait comme du coticule altéré. L'altération de l'échantillon, qui nous fut communiqué ne nous permit pas d'établir un rapprochement certain avec le schiste novaenlair du terrain salmien. Toutefois nous croyons avoir découvert dans la roche de Gedinne quelques rares grenats microscopiques et des microlithes prismatiques ressemblant beaucoup à ceux que nous avons signalés dans le coticule.

¹ GOSSELET ET MALAISE, *Observations sur le terrain silurien de l'Ardenne*, BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELG., 2^{me} série, tome XXVI, p. 110.

² SAUVAGE ET BUVIGNIER, *Statistique minéralogique et géologique du département des Ardennes*, 1842, p. 126.

Nous avons vu dans la collection du musée de l'École des mines de Londres des échantillons de pierre à rasoir, qui nous ont beaucoup frappé par leur analogie avec celles que l'on extrait aux environs de Viel-Salm. Elles sont taillées comme celles de Belgique : un fragment de phyllade reste attaché au coticule. A en juger par les caractères macroscopiques, ces roches nous firent l'effet d'être identiques à celles de la province de Liège. Les étiquettes indiquent les environs de Ratishonne comme lieu de provenance¹. Nous nous sommes adressé à M. Gümbel, afin de nous procurer des renseignements sur le gisement de ces roches. Il nous fit connaître qu'on les rencontre dans les schistes cambriens du Fichtelgebirge, où elles forment des bandes concordantes avec la stratification. Nous n'avons pu jusqu'ici étudier au microscope les roches de cette provenance et juger si les analogies extérieures, qu'elles offrent avec celles de Belgique, se réalisent aussi pour leurs caractères intimes.

Dana² indique divers gisements de novaculite en Amérique ; d'après lui, c'est surtout dans le Maryland et l'Arkansas qu'on la rencontre. Nous avons examiné les échantillons que ce savant voulut bien nous faire parvenir. Ces belles pierres, d'une blancheur et d'une pureté remarquables, sont extrêmement dures et d'un grain excessivement fin et serré. Au microscope, ils paraissent exclusivement composés de granules quartzueux fortement agrégés.

D'après un renseignement, que nous tenons de M. Jacque de Viel-Salm, le coticule se rencontrerait aussi à Paimpol près de Saint-Brieuc. Il s'y trouve probablement dans les couches siluriennes, qui affleurent près de cette localité.

Qu'il nous soit permis, en terminant ce travail, de remercier les savants, qui

¹ L'échantillon, que nous avons surtout remarqué pour sa ressemblance avec les roches dont nous venons de donner la description, porte le n° 22 avec l'indication : *Vicinity of Ratibon (Germany). It occurs in veins, in a rock of soft blue slate; of which a portion is left, to support the hone, when the vein is thin as in this specimen.* — Nous avons vu dans la même collection un échantillon de coticule du Brésil, mais sans autre indication du lieu de provenance. C'est un schiste novaculaire jaunâtre, dont l'aspect extérieur rappelle beaucoup le coticule du terrain salmien.

² J.-D. DANA, *Manual of Geology*.

se sont empressés de nous fournir des renseignements ou des documents comparatifs. Nous sommes particulièrement reconnaissant à MM. G. De-walque et Jacque pour les échantillons très-instructifs, qu'ils eurent la bonté de mettre à notre disposition.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

FIG. 1. — *Coticule de Viel-Salm.* — Ce dessin représente les minéraux microscopiques et la microstructure ordinairement observés dans cette roche. En certains points les feuillets phylladeux incolores et légèrement ondulés sont presque complètement voilés par les grenats et les microlithes prismatiques; en d'autres points la phyllite forme des plages plus ou moins allongées, dont l'allure est assez irrégulière et où les cristaux interposés sont peu nombreux (pp. 19 et 20). Les formes globulaires groupées et alignées représentent les grenats microscopiques; on voit, dans cette figure, la disposition qu'ils affectent ordinairement dans le coticule (pp. 22 et 25). Les microlithes prismatiques se montrent ici, comme dans presque toutes les préparations, alignés suivant la direction générale des membranes phylladeuses $\frac{1}{625}$.

FIG. 2. — *Coticule d'Hébronval.* — Cette préparation fut taillée d'un fragment de coticule noir, imprégné d'hydroxyde de manganèse (p. 17). Le dessin montre la même structure et la même composition que pour le coticule normal. La masse fondamentale jaunâtre ou presque incolore, représente la substance micaée; les globules de spessartine sont recouverts d'une teinte jaune-brunâtre $\frac{1}{625}$.

FIG. 3. — *Coticule d'Otrez.* — Les formes globulaires irrégulièrement terminées sont des grenats spessartine, qui atteignent ici le maximum de la dimension observée pour le minéral dans le coticule. La tourmaline est représentée dans le dessin par les petits prismes noir-bleuâtre, terminés en haut par des faces se coupant sous un angle plus ou moins ouvert, et en bas par une droite (pp. 27 et 28). Cette figure montre principalement les petits cristaux maclés que nous avons décrits dans ce travail (pp. 52 à 53) $\frac{1}{835}$.

FIG. 4. — *Coticule de Viel-Salm.* — Cette préparation, taillée dans une bande grisâtre de coticule, montre une grande accumulation de microlithes prismatiques, des grenats et quelques prismes de tourmaline encaissés dans une substance micaée. Les microlithes sont groupés, et plus ou moins orientés suivant la direction des feuillets micaés (pp. 19 et 51). Ces petits prismes montrent les formes maclées et le mode d'accolement régulier dont nous avons parlé (pp. 51 et 52), $\frac{1}{835}$.

FIG. 5. — *Coticule de Sart.* — Ce dessin montre quelques-uns des groupements des microlithes prismatiques de la figure 4. Les formes représentées ici sont composées de petits prismes groupés suivant un type fondamental, une macle géniculée avec 60° au sommet (p. 52) $\frac{1}{400}$.

FIG. 6. — *Coticule et phyllade oligistifère de Viet-Salm.* — La préparation que nous reproduisons est taillée au contact du coticule et du phyllade. Cette figure a surtout pour but de montrer l'analogie de structure et de composition de ces deux roches et de faire voir les substances colorantes du phyllade. La partie à droite de la figure représente l'aspect microscopique du phyllade qui renferme, outre les éléments communs au coticule, des granules charbonneux noirs et surtout des lamelles rougeâtres de fer oligiste (pp. 55 et 56) $\frac{1}{625}$.

