

EXTRAIT DU  
BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE  
DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

fondée à BRUXELLES, le 17 Février 1887

Tome III. — Année 1889. — Procès-Verbaux. Séance du 30 octobre,  
pp. 439-451.

LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES  
ILES BÖMMELÖ ET KARMÖ ET DE LA RÉGION VOISINE  
*d'après le Mémoire*

BÖMMELÖEN OG KARMÖEN

MED OMGIVELSER GEOLOGISK BESKREVNE

af Dr **Hans Reusch**.

En 1881, M. H. Reusch trouva des fossiles du Silurien supérieur dans les schistes cristallins près de Bergen, sur la côte ouest de la Norvège. Les premiers résultats de cette découverte ont été publiés par l'auteur dans son mémoire : *Silurfossiler og pressede Konglomerater i Bergensskifrene*, qui fut traduit en allemand par R. Baldauf (*Die fossilienführende krystallinischen Schiefer von Bergen in Norwegen*, Leipzig 1883). Le grand mémoire que l'auteur a fait paraître l'an dernier sous le titre : *Bömmelöen og Karmöen med Omgivelser geologisk beskrevne af Dr Hans Reusch* (Kristiania 1889), est la suite de cette première publication, qui a attiré à juste titre l'attention des géologues. Dans son nouveau travail, l'auteur étudie le métamorphisme régional des roches qui sont situées immédiatement au sud de la région de Bergen; il se propose surtout de montrer que, dans ce district, des roches éruptives et sédimentaires ont été soumises à l'influence d'un métamorphisme régional, et transformées par la pression et par les phénomènes concomitants, en schistes cristallins.

Une partie assez considérable du mémoire est consacrée à la topographie et à la géologie régionale; on y trouve toutes les particularités relatives aux divers terrains observés. Pour se rendre compte de la région étudiée par l'auteur, nous renvoyons à la carte Figure 1, qui représente une partie de la côte ouest de la Norvège, depuis Bergen (60 lat. N.) jusqu'à Stavanger, au Sud (1). La région est constituée par des roches archéennes, primordiales et siluriennes.

(1) Grâce à l'obligeance de l'auteur, nous avons pu intercaler dans ce résumé quelques-unes des nombreuses figures du travail original.

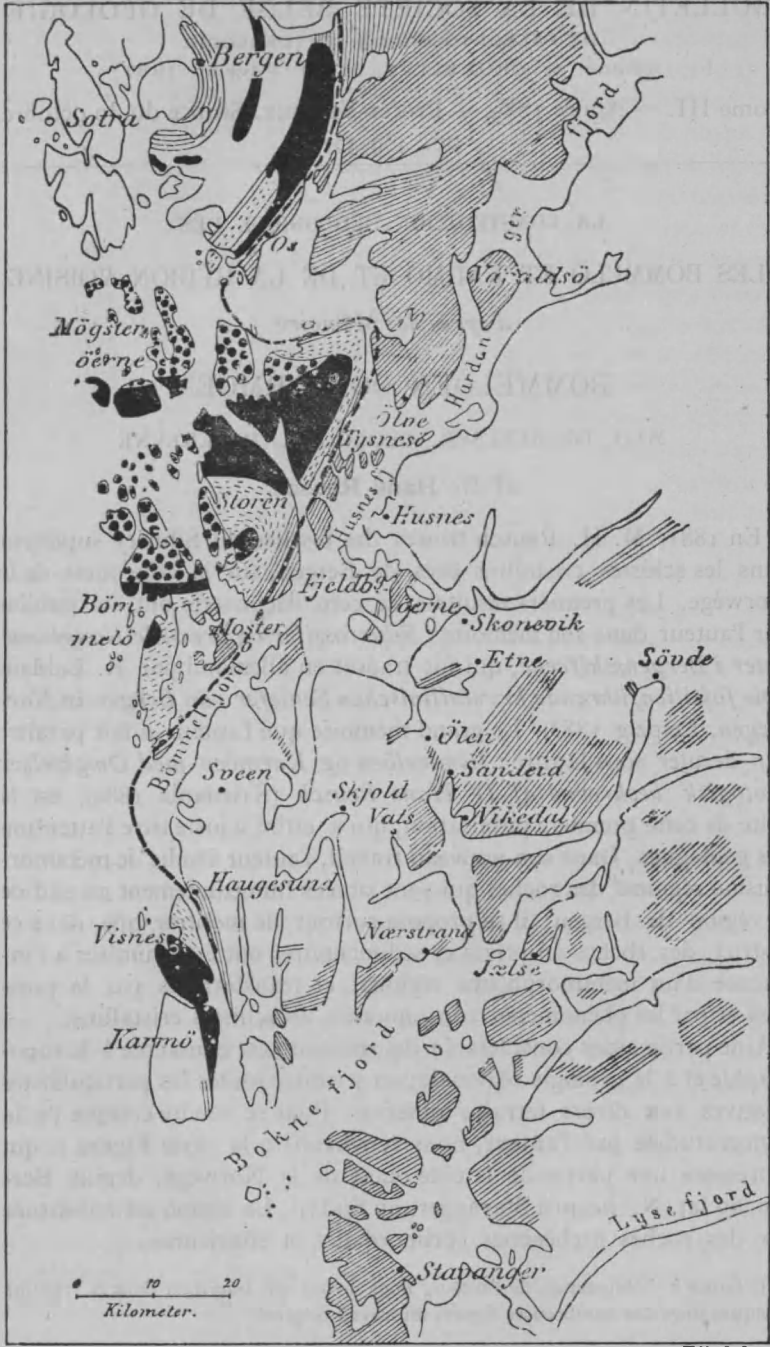


FIG. 1.

FIG. 1. Côte Ouest de la Norwège, depuis Bergen jusque Stavanger.

Les aires en blanc sont occupées par du gneiss et du granite qui, suivant toute probabilité, en grande partie doivent être rapportés à l'Archéen. Les parties hachurées sont des schistes cristallins de nature variée, principalement des phyllades. Dans ces schistes on trouve, — en dehors des limites de la carte toutefois, — des fossiles primordiaux. L'aire marquée par des traits courts est surtout volcanique et d'âge silurien. M. Reusch y a trouvé près de Bergen, au sud des îles Storen et Bömmelö, dans du calcaire et des schistes argileux, des fossiles qui appartiennent au Silurien supérieur. Les plages noires représentent des roches dioritiques qui ne sont, d'après les recherches de l'auteur, que des gabbro ou des diabases modifiés. Les parties pointillées au nord de Bömmelö et à Møgsterøerne, sont du granite. Les roches volcaniques sont des tufs diabasiques modifiés, des porphyrites, des porphyres quartzifères et leurs tufs, des schistes microcristallins, probablement en relation avec ces derniers.

Si nous envisageons maintenant d'une manière plus spéciale les îles étudiées en détail par l'auteur du mémoire, nous voyons qu'elles se trouvent à l'embouchure, si l'on peut s'exprimer ainsi, du célèbre fjord d'Hardanger; celui-ci s'élargit à mesure qu'il s'avance au Sud-Ouest et devient un véritable bras de mer qui sépare des terres plusieurs îles, parmi lesquelles est Bömmelö. Les roches qui les constituent ont une direction S.-O. N.-E. A la base des couches on trouve des schistes verts avec intercalation de lits de calcaire cristallin sans fossiles; plus haut, on observe des schistes durs ressemblant à des quartzites; à un niveau supérieur encore, des phyllades noirs et grisâtres.

M. Reusch considère le reste de ces îles comme les débris d'une grande région volcanique, ruinée par la dénudation, et qui appartenait à la partie inférieure du Silurien supérieur. Le granite et un gabbro-métamorphique constituent le centre de ce district; les parties périphériques sont formées par des roches stratifiées verdâtres; à l'œil nu elles apparaissent massives et chloriteuses; quelques-unes sont schistoïdes, d'autres ne le sont pas. L'auteur les envisage comme des tufs ou des sédiments formés par les débris de roches éruptives. On y voit, comme intercalations, des conglomérats, qui ont été déposés apparemment près d'un rivage, et quelques lits de phyllade et de calcaire. Ces derniers renferment des fossiles (des Favosites et d'autres coraux, des Graptolithes); ils appartiennent donc à la subdivision du Silurien indiquée plus haut. On y reconnaît aussi des coulées de porphyrites, roches porphyriques à plagioclase, bien caractérisées par leur croûte scoriacée; en outre des filons de diabase dont l'augite est remplacée par la hornblende et par la chlorite. Pour une partie limitée de

cette région, on trouve, dans ces roches basiques, des phorphyres quartzifères. Ces phorphyres y jouent un rôle subordonné ; leur aspect est variable, quelquefois ils sont compactes et ressemblent à la cornéenne. Enfin, on constate souvent des tufs, nettement clastiques, de porphyre quartzifère.

Après ce coup d'œil sur la région et sur les roches qui la constituent, envisageons les généralités relatives aux modifications produites par le métamorphisme régional. Les roches dont nous venons de parler ont été soumises à une pression intense ; elles ont été redressées et plissées. Les forces en jeu dans ces phénomènes ne se sont pas bornées à disloquer l'ensemble de l'édifice géologique, mais elles se sont encore attaquées aux éléments minéralogiques des roches ; les couches ont été brisées et leurs fragments sont devenus lenticulaires ; les cailloux roulés des conglomérats se sont aplatis et, lorsqu'un étirement s'est fait sentir, ils sont devenus cylindriques dans le sens de ce mouvement. Les cristaux empâtés dans les roches cristallines sont brisés (*structure cataclastique* de Kjerulf). Les roches ont acquis la fausse schistosité et la structure bacillaire. En même temps que ces modifications, on constate aussi des transformations chimiques qui se traduisent par la formation de nouveaux minéraux : la hornblende, la chlorite remplacent l'augite ; l'épidote et la zoïsite se substituent au feldspath, etc. C'est surtout au gabbro métamorphique qu'on peut observer ces transformations ; toutefois certaines parties de cette roche ne les montrent pas également bien. Ces modifications ne peuvent s'expliquer purement et simplement, par une plasticité moléculaire (dans le sens de Heim) ; d'autre part, on ne peut envisager davantage tous les phénomènes de cette structure, provoquée par les mouvements orogéniques, comme le résultat immédiat d'une trituration intime des particules minérales constituant les roches ; enfin on ne peut se contenter de dire qu'elle est due à des actions chimiques, à l'élévation de la température, à des actions dissolvantes, à des précipitations de matières. En effet, si l'on constate des modifications de forme, telles que nous les montrent les plagioclases, dont les lamelles polysynthétiques sont ployées sans fracture, on doit conclure que les feldspaths ont été doués, jusqu'à un certain point, de plasticité ; si les plagioclases ont été brisés en fragments qui ont joué l'un vis-à-vis de l'autre, on peut déduire qu'il y a eu rupture des éléments de la roche ; si ces mêmes feldspaths sont criblés de cristaux microscopiques d'épidote d'origine secondaire, on est conduit à admettre l'influence d'actions chimiques. Avant de montrer par des faits spéciaux les modifications constatées par M. Reusch dans la constitution des roches, arrêtons-nous un instant à voir avec lui quelques-uns des

phénomènes produits par l'étirement. L'étirement est l'extension subie dans une seule direction par une masse lithologique, tandis que la pression pure et simple détermine l'extension dans un plan. C'est sur des fossiles ou sur les cailloux des conglomérats qu'on peut le mieux étudier les phénomènes résultant de l'étirement ; dans les conglomérats en particulier, tous les éléments roulés sont devenus cylindriques et ont revêtu la forme d'un cigare à deux bouts pointus (fig. 2). L'auteur signale un cas où l'étirement d'une roche gneissique coïncide en direction avec l'étirement d'un conglomérat adjacent, il montre ainsi que la disposition parallèle des lamelles de mica qui est une des caractéristiques de ce gneiss, a été provoquée par ce mouvement.

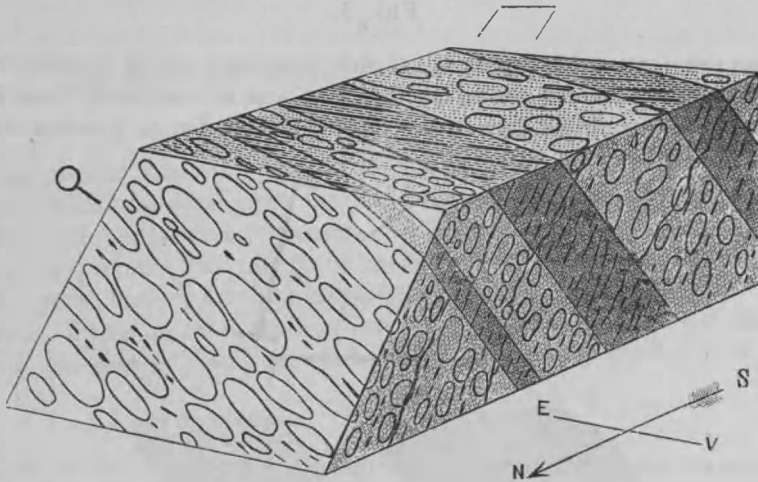


FIG. 2.

Schema montrant un rocher de Bömmelö formée par un conglomérat de quartzite avec trois lits de grès intercalés. Les couches pendent vers le S. S. W., les cailloux aplatis sont couchés dans un plan incliné vers le nord ; l'étirement de ces galets est dans une direction N. W, comme on peut le voir nettement sur la surface antérieure. (Pour l'explication des signes extérieurs à la figure, voir page suivante.)

Le plissement paraît être en relation avec l'étirement ; les axes des plis sont, dans ce district, inclinés sur l'horizon ; il s'ensuit que les limites des divers groupes de roches apparaissent sur les cartes comme assez irrégulières. Généralement on constate que le plissement est accompagné d'une texture finement ondulée, qui affecte les roches plissées et qui est parallèle à la direction des plis. Cette texture, l'auteur la considère comme devant se rattacher à l'étirement, et il montre dans son mémoire les conditions dans lesquelles elle se produit.

Pour l'intelligence des cartes qui accompagnent le mémoire, faisons remarquer que M. Reusch indique la direction de l'étirement par un petit cercle, qui, dans la direction d'un rayon, porte une ligne orientée dans le sens où les roches sont étirées (fig 3.) Les phénomènes de pres-

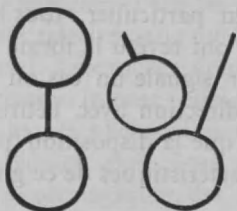


FIG. 3.

sion proprement dits (fausse schistosité, structure parallèle secondaire, etc.) sont représentés par une petite ligne aux extrémités de laquelle sont des traits dirigés dans le sens de l'inclinaison (fig. 4.) L'auteur fait

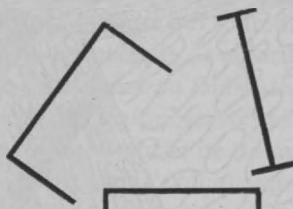


FIG. 4.

observer combien l'étude des phénomènes de pression peut acquérir d'importance au point de vue minier. C'est surtout le cas pour les lentilles de pyrite de fer qui, en Norvège, sont étirées dans un sens. D'après les observations de ce géologue, les plus grandes dimensions de ces masses de minerais sont parallèles à l'étirement des roches dans lesquelles elles sont intercalées.

Voyons maintenant plus en détail quelques-unes des modifications métamorphiques constatées par M. Reusch. Des filons de granite, qui traversent les roches sédimentaires, sont souvent plissés, et quelquefois montrent en même temps une texture finement ondulée, en rapport avec l'étirement. Certains filons, encaissés dans des couches de calcaire plus facilement désagrégées par l'action des agents atmosphériques, apparaissent comme des dykes surplombant les masses qu'ils traversent (fig. 5.) On voit alors sur ces roches filoniennes cette texture ondulée; elle se montre par de fines stries sur les parois des filons;

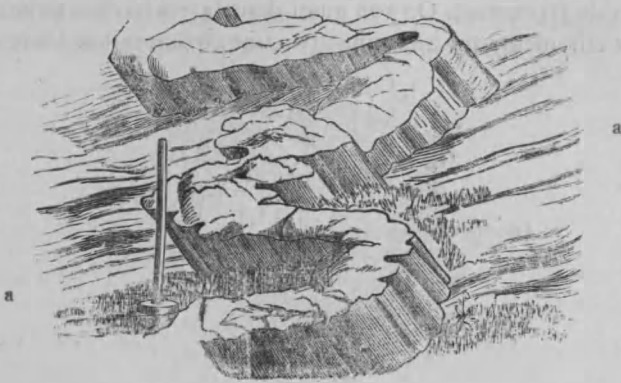


FIG. 5.

Filon granitique dans du calcaire. Les têtes de couches du calcaire sont dirigées suivant a-a.

quelquefois aussi, sous l'influence de la pression, une structure à plans parallèles s'est développée dans ces granites : elle est, comme la striation, en rapport avec l'étirement. M. Reusch décrit ce phénomène tel qu'il est montré par une roche granitique de l'île de Hofteren; elle y forme un filon de 2 mètres d'épaisseur, encaissé dans une diorite. La roche filonienne est devenue schistoïde, et ressemble à un gneiss lenticulaire. Les feuilletts viennent buter sur la ligne de contact sous un



FIG. 6.

Veines granitiques dans une diorite, à droite on voit le filon granitique à structure parallèle.

angle de 40° environ; la roche montre la structure d'étirement. Les noyaux de feldspath, qui donnent à la roche le caractère d'un gneiss lenticulaire, ont la forme de lentilles allongées; leur plus petit diamètre est perpendiculaire à la schistosité, le plus grand est suivant la

direction de l'étirement. On voit aussi dans la roche dioritique encaissante cet étirement qui se traduit par une structure bacillaire (fig. 7).

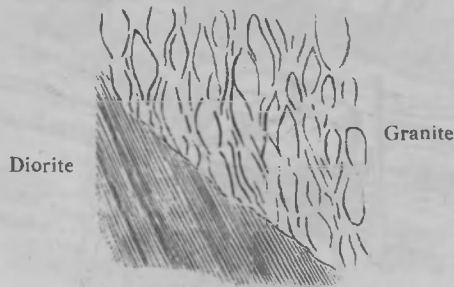


FIG. 7.

Limite entre la diorite et le filon représenté à droite dans la figure précédente,  $\frac{1}{5}$  de la grandeur naturelle.

Les filons de pegmatite, qui se montrent comme des masses de granite à gros grains, à allure filonienne, peuvent présenter des phénomènes de pression identiques à ceux qu'on constate pour les filons granitiques typiques dont on vient de parler. Il en résulte une structure de gneiss lenticulaire qu'on peut qualifier de gigantesque, car les nodules du feldspath atteignent un mètre et plus.

Au voisinage du grand massif granitique, lorsque la roche dioritique est traversée par un lacis de filonets de granite, et que toute la masse a été comprimée, il en résulte une telle compénétration de roches que l'observateur qui ne tiendrait pas compte des effets de la pression, n'hésiterait pas à y voir une alternance de schistes amphiboliques et de gneiss en couches enchevêtrées.

Des roches porphyriques peuvent, sous l'influence de la pression, devenir finement feuilletées (fig. 8). Les éléments porphyriques sont



FIG. 8.

Section au travers d'une porphyrite laminée,  $\frac{2}{1}$ .

alors fracturés et comprimés en lentilles de forme irrégulière. La figure 9 représente, sous un grossissement de  $\frac{40}{1}$ , une portion du cristal



de feldspath figuré en *a* (fig. 8); on voit le clivage, les cassures et les failles microscopiques qui traversent cet individu porphyrique.

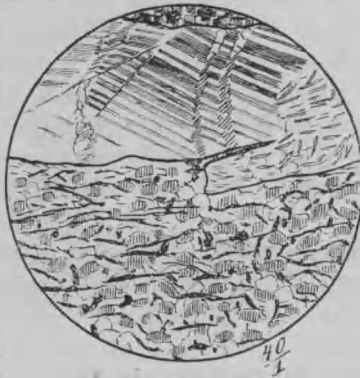


FIG. 9.

La partie supérieure de la figure montre une portion du cristal figuré en *a* (fig. 8)  $\frac{40}{1}$

Un porphyre quartzifère peut aussi donner naissance à une roche, qu'on prendrait, si l'on n'en connaissait pas la genèse, pour un gneiss sériciteux à grains fins avec petits noyaux de quartz et de feldspath.

On a rappelé plus haut qu'un gabbro métamorphique montre l'élément augitique remplacé par de la hornblende. M. Reusch étudie un gisement de gabbro métamorphique; il en suit pas à pas toutes les modifications et les transitions. On voit la roche passer à une masse dans laquelle la hornblende a été fracturée et où le plagioclase est devenu un agrégat à grains fins, en même temps des lamelles de chlorite traversent la roche. Celle-ci, transformée, comme on vient de le dire, passe ensuite à une roche très schistoïde, riche en chlorite et en calcite, dans laquelle la hornblende a complètement disparu.

On peut parfaitement observer un métamorphisme de structure à certaines roches de filon qui à l'origine étaient probablement des diabases ou des porphyrites. La roche qui constitue ces filons est devenue schistoïde et se trouve formée maintenant de plagioclase, de carbonates spathiques et de chlorite. Le plagioclase est assez rare, quelquefois même il peut avoir entièrement disparu. La schistosité est essentiellement déterminée par la disposition parallèle des lamelles de chlorite, de muscovite ou de talc. La schistosité qu'on observe dans ces filons, est souvent perpendiculaire à leurs faces latérales; ce clivage est toujours en rapport avec la direction de la pression qui s'est exercée sur tout le massif. Comme exemple de filon schistoïde M. Reusch représente (fig. 10) un filon du terrain granitique.

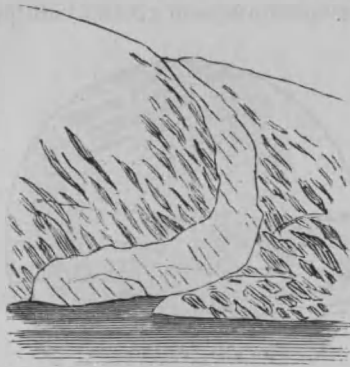


FIG. 10.

Filon d'une roche éruptive riche en amphibole, traversant un granite rempli de fragments gneissiques. Les fragments sont aplatis par la pression et le filon est devenu schistoïde.

Dans la dernière partie du mémoire, l'auteur aborde des questions théoriques sur l'origine des roches éruptives : il se demande si toutes les roches plutoniennes, envisagées comme roches volcaniques formées dans la profondeur, dérivent de masses qui, depuis l'origine de la terre jusqu'à leur solidification, ont toujours été à la température de fusion. Il n'est pas improbable qu'il existe des masses minérales de cette nature, nous devons les chercher dans les couches profondes et aussi parmi les roches archéennes ; mais beaucoup de masses plutoniennes et de roches de la formation archéenne doivent être considérées comme métamorphiques, c'est le cas en particulier pour certains gneiss de la Scanie et de l'Erzgebirge qui renferment des conglomérats. Elles doivent avoir été formées à la surface, comme certaines roches se forment aujourd'hui ; plus tard elles auront séjourné dans des zones profondes, et là, sous l'influence d'une température très élevée, d'eau surchauffée et d'une forte pression, elles peuvent avoir été ramollies et avoir perdu leur structure primitive.

Des roches qui ont été formées à la surface peuvent être amenées, par des causes diverses, dans les zones profondes ; des dépôts plus récents peuvent les avoir recouvertes, ou bien, ce qui a plus de portée, elles peuvent, lors du ployement des couches, avoir été entraînées à des niveaux inférieurs à ceux qu'elles occupaient d'abord. Durant l'acte même du plissement, les arêtes des plis s'élèvent, tandis que les creux descendent sous le niveau primitif. Ces mouvements provoquent un dégagement de chaleur ; il est nécessaire de ne pas perdre de vue que

ce dégagement se traduit surtout dans la profondeur. A la partie supérieure, la force vive se dépense au contraire en soulevant et en brisant les masses, mais à mesure que la roche atteint la profondeur, le poids des couches surincombantes augmente; il s'opère une fragmentation intime, et la température s'élève. A de plus grandes profondeurs encore le poids des masses acquiert une telle puissance qu'il n'agit déjà plus sur une masse solide. Dès que les roches deviennent plastiques la partie principale de la force est employée à élever la température; on peut admettre aussi que la température interne, s'ajoutant à celle due à la pression, élève ces roches à leur température de fusion.

Le plissement des couches et les failles qui l'accompagnent, ne sont pas toujours des phénomènes simples qui se produisent à un moment donné et qui se terminent brusquement; leur durée se prolonge au contraire. Durant une période de plissement, il peut arriver que des masses rocheuses, après avoir été entraînées dans les profondeurs où elles ont subi la température de fusion, soient ramenées à la surface sous l'influence de la pression. Si, dans ces circonstances, il s'établit une communication avec la surface, des éruptions volcaniques se produisent.

Ces considérations de l'auteur sont corroborées par l'étude du métamorphisme régional de districts où des portions de l'écorce terrestre ont été ployées. Que les roches de ces régions aient été soumises à de hautes températures et à une pression intense, c'est ce qu'on peut démontrer par les analogies que nous présentent les phénomènes de contact du granite et ceux du métamorphisme régional. Les rapports qui unissent ces roches métamorphiques avec les roches éruptives proprement dites, sont caractéristiques: on constate pour les unes comme pour les autres qu'elles sont cristallines et qu'elles ont été autrefois à l'état plastique. Il suffit de rappeler ici la recristallisation et la déformation des cailloux roulés dans certains conglomérats, etc.

La région décrite par M. Reusch présente des faits qui ont une haute portée pour établir les considérations précédentes. Il fait ressortir en particulier les rapports que présentent une roche clastique avec un granite injecté dans la première. Le long de la partie sud du granite de Bömmelö on observe une zone où la roche n'offrant pas un contact net avec les masses entourantes, est tellement pénétrée de fragments arrondis de gneiss, de quartzite feldspathique et de quartz laiteux, qu'elle prend l'aspect d'un conglomérat qui aurait été comprimé. L'auteur n'admet pas que l'on puisse interpréter ces faits en disant que ces fragments ont été arrachés dans la profondeur par la masse éruptive. On doit remarquer que, dans le même granite, on trouve empâtés des fragments d'amphibolite, de serpentine, de schiste renfer-

mant du calcaire, du marbre, etc. On pourrait peut-être considérer ces masses comme des inclusions de grandes dimensions ; mais M. Reusch est plutôt porté à penser que ces fragments ne sont autre chose que les restes des roches qui ont donné naissance au granite lui-même. C'est le grès feldspathique primordial, si répandu en Norvège, qui serait la roche-mère de ce granite.

On observe à Karmö des phénomènes identiques à ceux de Bömmelö ; on y voit une roche granitique qui, par sa position géologique, répond au granite dont nous venons de parler, mais dont les caractères présentent de remarquables particularités. C'est un gneiss lenticulaire quartzifère, une roche gneissique dans laquelle l'élément porphyrique n'est pas le feldspath, mais le quartz ; ce minéral s'y montre en grains arrondis ou ellipsoïdaux, qui peuvent atteindre près d'un demi-millimètre. Cette roche est généralement massive ; elle offre cependant une tendance à se diviser en couches et, en même temps, elle se charge de beaucoup de fragments qui la font ressembler à un conglomérat.

M. Reusch consacre une description détaillée aux *filons de quartz aurifère de la partie centrale de Bömmelö*. La roche que traversent les plus importants de ces filons est un gabbro sillonné de filons de diabase, généralement modifiée et schistoïde. Les filons quartzeux, dont la puissance ne dépasse qu'exceptionnellement 2 mètres, suivent ces filons de diabase : ils se trouvent à leur contact avec la roche adjacente ou bien à l'intérieur de la diabase. Le quartz aurifère est donc plus récent que cette roche. M. Reusch est porté à penser que les filons métallifères doivent être considérés comme en rapport avec l'éruption de masses granitiques, comme un phénomène consécutif de cette éruption. Il n'est pas improbable non plus, pense-t-il, que les modifications qu'a subies le gabbro aient une certaine relation avec la formation de ces filons aurifères. Il rappelle que les andésites tertiaires, en Hongrie et en Amérique, renfermant des minerais divers, ont été transformées en propylite sous l'influence de phénomènes postérieurs à l'éruption par l'action de solutions chaudes et de vapeurs. Ce sont les mêmes phénomènes qui ont déterminé, dans les roches qu'il décrit, la formation de filons métallifères. Si l'on comparait, au point de vue de leurs relations avec les roches adjacentes, ces filons aurifères et ceux du Tertiaire, on trouverait des analogies rapprochées à Nagyag, en Hongrie. Ici on a des filons de quartz aurifère avec des combinaisons de tellure (le bismuth telluré se retrouve dans les filons de Bömmelö), de la pyrite, et d'autres sulfures métalliques qui se sont formés dans la propylite. Cette roche passe vers les parties externes à l'andésite. Or, des géologues norvégiens, Kjerulf en particulier, ont déjà fait ressortir que le

gabbro de Norwège (qu'on désigne aussi sous le nom de gabbro à saussurite ou de roche dioritique) est de même en rapport avec les minerais sulfurés de cette région. M. Reusch considère aussi les masses de fer sulfuré de Visnes comme n'étant pas d'origine neptunienne, mais comme dues à des phénomènes volcaniques; il est porté à croire qu'elles proviennent de la pseudomorphose en grand de couches de calcaire, et il rappelle les petites masses de calcaire silurien qu'on trouve transformées en pyrite dans la zone de contact du granite près de Christiania.

A. F. RENARD.





EXTRAIT DU  
BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE  
DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE  
fondée à BRUXELLES, le 17 Février 1887

Tome III. — Année 1889. — Procès-Verbaux. Séance du 30 octobre,  
pp. 439-451.

---

LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES  
ILES BÖMMELÖ ET KARMÖ ET DE LA RÉGION VOISINE  
*d'après le Mémoire*

BÖMMELÖEN OG KARMÖEN

MED OMGIVELSER GEOLOGISK BESKREVNE

af Dr **Hans Reusch.**

En 1881, M. H. Reusch trouva des fossiles du Silurien supérieur dans les schistes cristallins près de Bergen, sur la côte ouest de la Norwège. Les premiers résultats de cette découverte ont été publiés par l'auteur dans son mémoire : *Silurfossiler og pressede Konglomerater i Bergensskifrene*, qui fut traduit en allemand par R. Baldauf (*Die fossilienführende krystallinischen Schiefer von Bergen in Norwegen*, Leipzig 1883). Le grand mémoire que l'auteur a fait paraître l'an dernier sous le titre : *Bömmelöen og Karmöen med Omgivelser geologisk beskrevne af Dr Hans Reusch* (Kristiania 1889), est la suite de cette première publication, qui a attiré à juste titre l'attention des géologues. Dans son nouveau travail, l'auteur étudie le métamorphisme régional des roches qui sont situées immédiatement au sud de la région de Bergen; il se propose surtout de montrer que, dans ce district, des roches éruptives et sédimentaires ont été soumises à l'influence d'un métamorphisme régional, et transformées par la pression et par les phénomènes concomitants, en schistes cristallins.

Une partie assez considérable du mémoire est consacrée à la topographie et à la géologie régionale; on y trouve toutes les particularités relatives aux divers terrains observés. Pour se rendre compte de la région étudiée par l'auteur, nous renvoyons à la carte Figure 1, qui représente une partie de la côte ouest de la Norwège, depuis Bergen (60 lat. N.) jusqu'à Stavanger, au Sud (1). La région est constituée par des roches archéennes, primordiales et siluriennes.

(1) Grâce à l'obligeance de l'auteur, nous avons pu intercaler dans ce résumé quelques-unes des nombreuses figures du travail original.

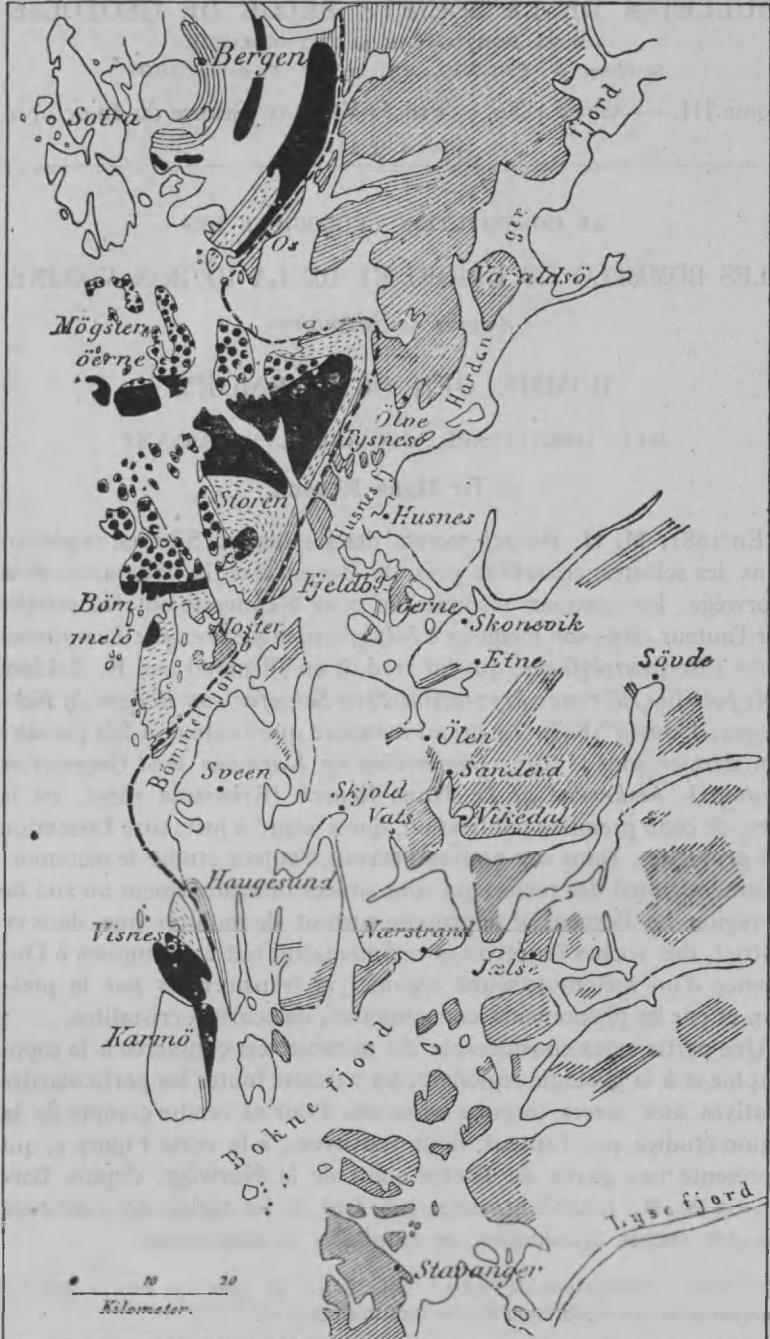


FIG. 1.

FIG. 1. Côté Ouest de la Norvège, depuis Bergen jusque Stavanger.



Les aires en blanc sont occupées par du gneiss et du granite qui, suivant toute probabilité, en grande partie doivent être rapportés à l'Archéen. Les parties hachurées sont des schistes cristallins de nature variée, principalement des phyllades. Dans ces schistes on trouve, — en dehors des limites de la carte toutefois, — des fossiles primordiaux. L'aire marquée par des traits courts est surtout volcanique et d'âge silurien. M. Reusch y a trouvé près de Bergen, au sud des îles Storen et Bömmelö, dans du calcaire et des schistes argileux, des fossiles qui appartiennent au Silurien supérieur. Les plages noires représentent des roches dioritiques qui ne sont, d'après les recherches de l'auteur, que des gabbro ou des diabases modifiés. Les parties pointillées au nord de Bömmelö et à Møgsterøerne, sont du granite. Les roches volcaniques sont des tufs diabasiques modifiés, des porphyrites, des porphyres quartzifères et leurs tufs, des schistes microcristallins, probablement en relation avec ces derniers.

Si nous envisageons maintenant d'une manière plus spéciale les îles étudiées en détail par l'auteur du mémoire, nous voyons qu'elles se trouvent à l'embouchure, si l'on peut s'exprimer ainsi, du célèbre fjord d'Hardanger; celui-ci s'élargit à mesure qu'il s'avance au Sud-Ouest et devient un véritable bras de mer qui sépare des terres plusieurs îles, parmi lesquelles est Bömmelö. Les roches qui les constituent ont une direction S.-O. N.-E. A la base des couches on trouve des schistes verts avec intercalation de lits de calcaire cristallin sans fossiles; plus haut, on observe des schistes durs ressemblant à des quartzites; à un niveau supérieur encore, des phyllades noirs et grisâtres.

M. Reusch considère le reste de ces îles comme les débris d'une grande région volcanique, ruinée par la dénudation, et qui appartenait à la partie inférieure du Silurien supérieur. Le granite et un gabbro-métamorphique constituent le centre de ce district; les parties périphériques sont formées par des roches stratifiées verdâtres; à l'œil nu elles apparaissent massives et chloriteuses; quelques-unes sont schistoïdes, d'autres ne le sont pas. L'auteur les envisage comme des tufs ou des sédiments formés par les débris de roches éruptives. On y voit, comme intercalations, des conglomérats, qui ont été déposés apparemment près d'un rivage, et quelques lits de phyllade et de calcaire. Ces derniers renferment des fossiles (des Favosites et d'autres coraux, des Graptolithes); ils appartiennent donc à la subdivision du Silurien indiquée plus haut. On y reconnaît aussi des coulées de porphyrites, roches porphyriques à plagioclase, bien caractérisées par leur croûte scoriacée; en outre des filons de diabase dont l'augite est remplacée par la hornblende et par la chlorite. Pour une partie limitée de

cette région, on trouve, dans ces roches basiques, des phorphyres quartzifères. Ces phorphyres y jouent un rôle subordonné ; leur aspect est variable, quelquefois ils sont compactes et ressemblent à la cornéenne. Enfin, on constate souvent des tufs, nettement clastiques, de porphyre quartzifère.

Après ce coup d'œil sur la région et sur les roches qui la constituent, envisageons les généralités relatives aux modifications produites par le métamorphisme régional. Les roches dont nous venons de parler ont été soumises à une pression intense ; elles ont été redressées et plissées. Les forces en jeu dans ces phénomènes ne se sont pas bornées à disloquer l'ensemble de l'édifice géologique, mais elles se sont encore attaquées aux éléments minéralogiques des roches ; les couches ont été brisées et leurs fragments sont devenus lenticulaires ; les cailloux roulés des conglomérats se sont aplatés et, lorsqu'un étirement s'est fait sentir, ils sont devenus cylindriques dans le sens de ce mouvement. Les cristaux empâtés dans les roches cristallines sont brisés (*structure cataclastique* de Kjerulf). Les roches ont acquis la fausse schistosité et la structure bacillaire. En même temps que ces modifications, on constate aussi des transformations chimiques qui se traduisent par la formation de nouveaux minéraux : la hornblende, la chlorite remplacent l'augite ; l'épidote et la zoïsite se substituent au feldspath, etc. C'est surtout au gabbro métamorphique qu'on peut observer ces transformations ; toutefois certaines parties de cette roche ne les montrent pas également bien. Ces modifications ne peuvent s'expliquer purement et simplement, par une plasticité moléculaire (dans le sens de Heim) ; d'autre part, on ne peut envisager davantage tous les phénomènes de cette structure, provoquée par les mouvements orogéniques, comme le résultat immédiat d'une trituration intime des particules minérales constituant les roches ; enfin on ne peut se contenter de dire qu'elle est due à des actions chimiques, à l'élévation de la température, à des actions dissolvantes, à des précipitations de matières. En effet, si l'on constate des modifications de forme, telles que nous les montrent les plagioclases, dont les lamelles polysynthétiques sont ployées sans fracture, on doit conclure que les feldspaths ont été doués, jusqu'à un certain point, de plasticité ; si les plagioclases ont été brisés en fragments qui ont joué l'un vis-à-vis de l'autre, on peut déduire qu'il y a eu rupture des éléments de la roche ; si ces mêmes feldspaths sont criblés de cristaux microscopiques d'épidote d'origine secondaire, on est conduit à admettre l'influence d'actions chimiques. Avant de montrer par des faits spéciaux les modifications constatées par M. Reusch dans la constitution des roches, arrêtons-nous un instant à voir avec lui quelques-uns des

phénomènes produits par l'étirement. L'étirement est l'extension subie dans une seule direction par une masse lithologique, tandis que la pression pure et simple détermine l'extension dans un plan. C'est sur des fossiles ou sur les cailloux des conglomérats qu'on peut le mieux étudier les phénomènes résultant de l'étirement; dans les conglomérats en particulier, tous les éléments roulés sont devenus cylindriques et ont revêtu la forme d'un cigare à deux bouts pointus (fig. 2). L'auteur signale un cas où l'étirement d'une roche gneissique coïncide en direction avec l'étirement d'un conglomérat adjacent, il montre ainsi que la disposition parallèle des lamelles de mica qui est une des caractéristiques de ce gneiss, a été provoquée par ce mouvement.

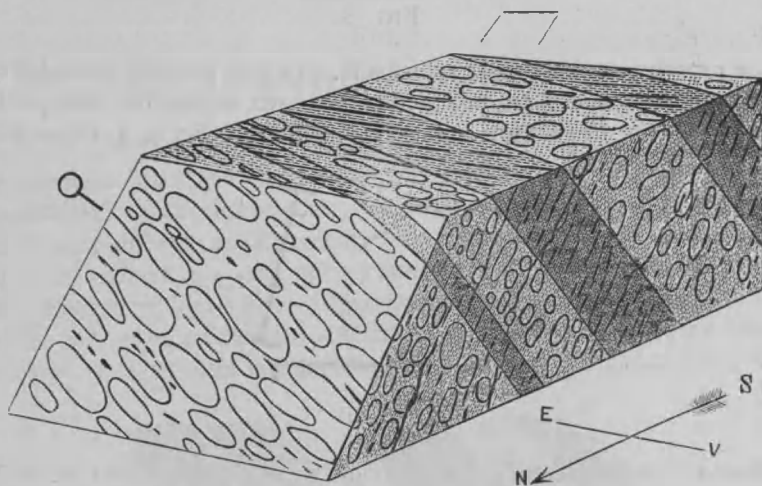


FIG. 2.

Schema montrant un rocher de Bömmelö formée par un conglomérat de quartzite avec trois lits de grès intercalés. Les couches pendent vers le S. S. W., les cailloux aplatis sont couchés dans un plan incliné vers le nord; l'étirement de ces galets est dans une direction N. W., comme on peut le voir nettement sur la surface antérieure. (Pour l'explication des signes extérieurs à la figure, voir page suivante.)

Le plissement paraît être en relation avec l'étirement; les axes des plis sont, dans ce district, inclinés sur l'horizon; il s'ensuit que les limites des divers groupes de roches apparaissent sur les cartes comme assez irrégulières. Généralement on constate que le plissement est accompagné d'une texture finement ondulée, qui affecte les roches plissées et qui est parallèle à la direction des plis. Cette texture, l'auteur la considère comme devant se rattacher à l'étirement, et il montre dans son mémoire les conditions dans lesquelles elle se produit.

Pour l'intelligence des cartes qui accompagnent le mémoire, faisons remarquer que M. Reusch indique la direction de l'étirement par un petit cercle, qui, dans la direction d'un rayon, porte une ligne orientée dans le sens où les roches sont étirées (fig 3.) Les phénomènes de pres-

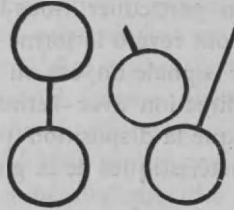


FIG. 3.

sion proprement dits (fausse schistosité, structure parallèle secondaire, etc.) sont représentés par une petite ligne aux extrémités de laquelle sont des traits dirigés dans le sens de l'inclinaison (fig. 4.) L'auteur fait

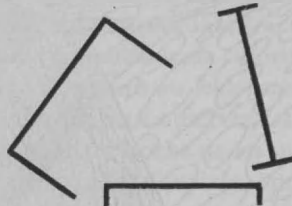


FIG. 4.

observer combien l'étude des phénomènes de pression peut acquérir d'importance au point de vue minier. C'est surtout le cas pour les lentilles de pyrite de fer qui, en Norvège, sont étirées dans un sens. D'après les observations de ce géologue, les plus grandes dimensions de ces masses de minerais sont parallèles à l'étirement des roches dans lesquelles elles sont intercalées.

Voyons maintenant plus en détail quelques-unes des modifications métamorphiques constatées par M. Reusch. Des filons de granite, qui traversent les roches sédimentaires, sont souvent plissés, et quelquefois montrent en même temps une texture finement ondulée, en rapport avec l'étirement. Certains filons, encaissés dans des couches de calcaire plus facilement désagrégées par l'action des agents atmosphériques, apparaissent comme des dykes surplombant les masses qu'ils traversent (fig. 5.) On voit alors sur ces roches filoniennes cette texture ondulée; elle se montre par de fines stries sur les parois des filons;

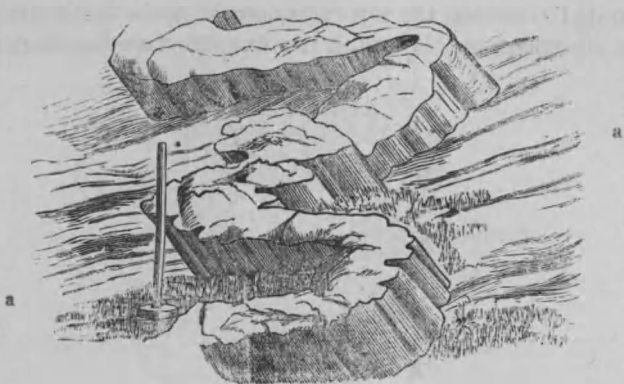


FIG. 5.

Filon granitique dans du calcaire. Les têtes de couches du calcaire sont dirigées suivant a-a.

quelquefois aussi, sous l'influence de la pression, une structure à plans parallèles s'est développée dans ces granites : elle est, comme la striation, en rapport avec l'étirement. M. Reusch décrit ce phénomène tel qu'il est montré par une roche granitique de l'île de Hofteren ; elle y forme un filon de 2 mètres d'épaisseur, encaissé dans une diorite. La roche filonienne est devenue schistoïde, et ressemble à un gneiss lenticulaire. Les feuillet viennent buter sur la ligne de contact sous un



FIG. 6.

Veines granitiques dans une diorite, à droite on voit le filon granitique à structure parallèle.

angle de  $40^\circ$  environ ; la roche montre la structure d'étirement. Les noyaux de feldspath, qui donnent à la roche le caractère d'un gneiss lenticulaire, ont la forme de lentilles allongées ; leur plus petit diamètre est perpendiculaire à la schistosité, le plus grand est suivant la

direction de l'étirement. On voit aussi dans la roche dioritique encaissante cet étirement qui se traduit par une structure bacillaire (fig. 7).

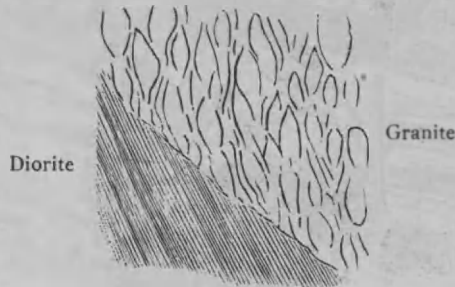


FIG. 7.

Limite entre la diorite et le filon représenté à droite dans la figure précédente,  $\frac{1}{2}$  de la grandeur naturelle.

Les filons de pegmatite, qui se montrent comme des masses de granite à gros grains, à allure filonienne, peuvent présenter des phénomènes de pression identiques à ceux qu'on constate pour les filons granitiques typiques dont on vient de parler. Il en résulte une structure de gneiss lenticulaire qu'on peut qualifier de gigantesque, car les nodules du feldspath atteignent un mètre et plus.

Au voisinage du grand massif granitique, lorsque la roche dioritique est traversée par un lacs de filonets de granite, et que toute la masse a été comprimée, il en résulte une telle compénétration de roches que l'observateur qui ne tiendrait pas compte des effets de la pression, n'hésiterait pas à y voir une alternance de schistes amphiboliques et de gneiss en couches enchevêtrées.

Des roches porphyriques peuvent, sous l'influence de la pression, devenir finement feuilletées (fig. 8). Les éléments porphyriques sont



FIG. 8.

Section au travers d'une porphyrite laminée,  $\frac{2}{3}$ .

alors fracturés et comprimés en lentilles de forme irrégulière. La figure 9 représente, sous un grossissement de  $\frac{40}{1}$ , une portion du cristal

de feldspath figuré en *a* (fig. 8); on voit le clivage, les cassures et les failles microscopiques qui traversent cet individu porphyrique.

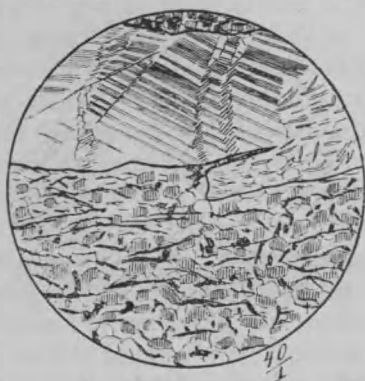


FIG. 9.

La partie supérieure de la figure montre une portion du cristal figuré en *a* (fig. 8)  $\frac{40}{1}$

Un porphyre quartzifère peut aussi donner naissance à une roche, qu'on prendrait, si l'on n'en connaissait pas la genèse, pour un gneiss sériciteux à grains fins avec petits noyaux de quartz et de feldspath.

On a rappelé plus haut qu'un gabbro métamorphique montre l'élément augitique remplacé par de la hornblende. M. Reusch étudie un gisement de gabbro métamorphique; il en suit pas à pas toutes les modifications et les transitions. On voit la roche passer à une masse dans laquelle la hornblende a été fracturée et où le plagioclase est devenu un agrégat à grains fins, en même temps des lamelles de chlorite traversent la roche. Celle-ci, transformée, comme on vient de le dire, passe ensuite à une roche très schistoïde, riche en chlorite et en calcite, dans laquelle la hornblende a complètement disparu.

On peut parfaitement observer un métamorphisme de structure à certaines roches de filon qui à l'origine étaient probablement des diabases ou des porphyrites. La roche qui constitue ces filons est devenue schistoïde et se trouve formée maintenant de plagioclase, de carbonates spathiques et de chlorite. Le plagioclase est assez rare, quelquefois même il peut avoir entièrement disparu. La schistosité est essentiellement déterminée par la disposition parallèle des lamelles de chlorite, de muscovite ou de talc. La schistosité qu'on observe dans ces filons, est souvent perpendiculaire à leurs faces latérales; ce clivage est toujours en rapport avec la direction de la pression qui s'est exercée sur tout le massif. Comme exemple de filon schistoïde M. Reusch représente (fig. 10) un filon du terrain granitique.

mant du calcaire, du marbre, etc. On pourrait peut-être considérer ces masses comme des inclusions de grandes dimensions ; mais M. Reusch est plutôt porté à penser que ces fragments ne sont autre chose que les restes des roches qui ont donné naissance au granite lui-même. C'est le grès feldspathique primordial, si répandu en Norvège, qui serait la roche-mère de ce granite.

On observe à Karmö des phénomènes identiques à ceux de Bömmelö ; on y voit une roche granitique qui, par sa position géologique, répond au granite dont nous venons de parler, mais dont les caractères présentent de remarquables particularités. C'est un gneiss lenticulaire quartzifère, une roche gneissique dans laquelle l'élément porphyrique n'est pas le feldspath, mais le quartz ; ce minéral s'y montre en grains arrondis ou ellipsoïdaux, qui peuvent atteindre près d'un demi-millimètre. Cette roche est généralement massive ; elle offre cependant une tendance à se diviser en couches et, en même temps, elle se charge de beaucoup de fragments qui la font ressembler à un conglomérat.

M. Reusch consacre une description détaillée aux *filons de quartz aurifère de la partie centrale de Bömmelö*. La roche que traversent les plus importants de ces filons est un gabbro sillonné de filons de diabase, généralement modifiée et schistoïde. Les filons quartzeux, dont la puissance ne dépasse qu'exceptionnellement 2 mètres, suivent ces filons de diabase : ils se trouvent à leur contact avec la roche adjacente ou bien à l'intérieur de la diabase. Le quartz aurifère est donc plus récent que cette roche. M. Reusch est porté à penser que les filons métallifères doivent être considérés comme en rapport avec l'éruption de masses granitiques, comme un phénomène consécutif de cette éruption. Il n'est pas improbable non plus, pense-t-il, que les modifications qu'a subies le gabbro aient une certaine relation avec la formation de ces filons aurifères. Il rappelle que les andésites tertiaires, en Hongrie et en Amérique, renfermant des minerais divers, ont été transformées en propylite sous l'influence de phénomènes postérieurs à l'éruption par l'action de solutions chaudes et de vapeurs. Ce sont les mêmes phénomènes qui ont déterminé, dans les roches qu'il décrit, la formation de filons métallifères. Si l'on comparait, au point de vue de leurs relations avec les roches adjacentes, ces filons aurifères et ceux du Tertiaire, on trouverait des analogies rapprochées à Nagyag, en Hongrie. Ici on a des filons de quartz aurifère avec des combinaisons de tellure (le bis-muth telluré se retrouve dans les filons de Bömmelö), de la pyrite, et d'autres sulfures métalliques qui se sont formés dans la propylite. Cette roche passe vers les parties externes à l'andésite. Or, des géologues norvégiens, Kjerulf en particulier, ont déjà fait ressortir que le



gabbro de Norwège (qu'on désigne aussi sous le nom de gabbro à saussurite ou de roche dioritique) est de même en rapport avec les minerais sulfurés de cette région. M. Reusch considère aussi les masses de fer sulfuré de Visnes comme n'étant pas d'origine neptunienne, mais comme dues à des phénomènes volcaniques; il est porté à croire qu'elles proviennent de la pseudomorphose en grand de couches de calcaire, et il rappelle les petites masses de calcaire silurien qu'on trouve transformées en pyrite dans la zone de contact du granite près de Christiania.

A. F. RENARD.

