UNIVERSITÉ DE GENÈVE

Archive ouverte UNIGE
https://archive-ouverte.unige.ch

Article scientifique | Article | 1906

Published version | Open Access

This is the published version of the publication, made available in accordance with the publisher's policy.

Recherches sur la Glauconie

Collet, Léon William; Lee, Gabriel W.

How to cite

COLLET, Léon William, LEE, Gabriel W. Recherches sur la Glauconie. In: Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 1906, vol. 26, n° 4, p. 238–278. doi: 10.1017/S0370164600024573

This publication URL: https://archive-ouverte.unige.ch/unige:138342
Publication DOI: 10.1017/S0370164600024573

© The author(s). This work is licensed under a Other Open Access license
https://www.unige.ch/biblio/aou/fr/guide/info/references/licences/

Recherches sur la Glauconie. Par les **Drs Léon W. Collet** et **Gabriel W. Lee**, assistants de Sir John Murray, K.C.B. *Communiqué par* Sir JOHN MURRAY. (Avec 12 planches et 1 carte.)

(MS. received May 28, 1906. Read June 4, 1906.)

I. INTRODUCTION.

Depuis Murray et Renard deux travaux importants sont venus enrichir la bibliographie de la Glauconie : le mémoire de MM. Calderon et Chaves, "Contribuciones al estudio de la Glauconita," et l'œuvre magistrale de M. L. Cayeux, *Etude micrographique des terrains sédimentaires.*

Murray et Renard avaient étudié spécialement la Glauconie actuelle ; MM. Calderon et Chaves basèrent leur synthèse de la Glauconie actuelle sur une analyse de Glauconie des roches sédimentaires ; M. L. Cayeux limita strictement ses belles recherches à la Glauconie des roches sédimentaires et n'attaqua pas le problème de sa genèse.

Après avoir terminé notre étude des "Concrétions phosphatées de l'Agulhas Bank," nous fûmes invités par Sir John Murray à entreprendre une sorte de "mise au point" de la question de la Glauconie. En effet, Gümbel en 1886, puis Murray et Renard en 1891, virent dans la Glauconie un silicate ferri-potassique ; pour MM. Calderon et Chaves la Glauconie, au contraire, est un silicate ferro-potassique. Qui avait raison ? De plus M. L. Cayeux signala des caractères très spéciaux dans la Glauconie de ses roches sédimentaires, caractères qui étaient inconnus dans la Glauconie actuelle, une étude comparative se justifiait donc.

Comment remercier Sir John Murray, qui nous chargea de cette étude que lui seul pouvait nous permettre d'entreprendre, grâce à sa vaste érudition et aux collections qu'il accumule au *Challenger* Office depuis si longtemps. Les nombreuses heures passées en contact avec un tel maître, le créateur de l'Océanographie, seront pour nous un souvenir indélébile.

Nous devons également de sincères remerciements à M. le

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Prof. L. Cayeux, de Paris, qui nous communiqua très aimablement des coupes de Glauconie pour les comparer aux nôtres, et qui s'intéressa d'une façon très spéciale à nos recherches.

MM. Arnold Heim, du laboratoire de Géologie de l'Université de Zurich ; Chs. Jacob, du laboratoire de l'Université de Grenoble ; Buxtorf, du Musée de Bâle ; Teall, directeur du H.M. Geological Survey à Londres ; H. B. Woodward, à Londres, ont aimablement répondu à nos demandes d'échantillons, qu'ils reçoivent ici l'expression de notre gratitude.

M. Georges West, du "Lake Survey," a bien voulu se charger des microphotographies, qu'il reçoive ici nos sincères remerciements.

Dans le présent travail, M. le Dr G. W. Lee s'est spécialement occupé de la question purement minéralogique, M. le Dr L W. Collet de la question géologique. La partie chimique ainsi que les conclusions ont été faites conjointement.

II. Glauconie en tant que Minéral.

Habitus.—On sait depuis longtemps que la Glauconie se présente sous trois formes différentes : comme *produit de remplissage* de coquilles de foraminifères et comme *grains* prenant part à la formation des sables verts et autres roches sédimentaires glauconieuses. La troisième forme est la Glauconie dite *pigmentaire* qui imprègne la roche, tel un enduit vert dû à la présence d'une multitude de paillettes submicroscopiques. Comme nous le verrons plus tard, ces deux dernières catégories étant dérivées sans aucun doute de la première, nous pouvons les grouper sous le nom de *Glauconie secondaire.*

1. "*Moules glauconitiques.*"—C'est l'étude des "*glauconitic casts*" des naturalistes du *Challenger* qui doit nous donner la clef du problème de la genèse de la Glauconie. L'interprétation de cette forme affectée par la Glauconie sera l'objet d'un chapitre spécial, et nous nous limiterons pour le moment à une courte description des moules mêmes.

Les moules typiques, dont le diamètre est en général inférieur à 1 mm., sont vert foncé, et quelquefois pourvus d'un noyau jaune ou brun. La partie verte a toutes les propriétés de la Glauconie telle que les minéralogistes la comprennent : l'indice

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

de réfraction, la biréfringence et la structure cryptocristalline, sont les mêmes que chez la Glauconie des grès verts, etc. D'autre part le noyau brun est opaque et amorphe.

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que jusqu'à présent il n'a point été rencontré de moules à centre vert et périphérie brune, cela bien entendu tant que la coquille du foraminifère est conservée. La présence d'un noyau brun entouré d'une zône de Glauconie parfaite ne peut s'expliquer que par un processus chimique sur lequel nous reviendrons au chapitre traitant de la genèse de la Glauconie.

Glauconie en grains.—La plus grande partie de la Glauconie mentionnée ou étudiée par les géologues appartient à cette catégorie ; elle est le constituant le plus caractéristique des grès verts des assises géologiques et des Sables et Boues Verts des mers actuelles, et il est à peu près hors de doute qu'elle est due au remaniement des moules glauconitiques. Comme ce chapitre n'est qu'une entrée en matière, il est inutile que nous revenions sur la description de ces grains, dont on trouvera la description détaillée, accompagnée de figures, dans les travaux de Murray et Renard, et de M. Cayeux.

Glauconie pigmentaire.—La teinte verte de nombreux échantillons lithologiques sédimentaires et des mers actuelles, tels que concrétions phosphatées, etc., est due à la présence de Glauconie à l'état finement divisé, appelée par M. Cayeux *Glauconie pigmentaire* ; elle est due ou bien à une précipitation chimique, ou bien au dépôt tranquille de Glauconie préexistante amenée par trituration à l'état pulverulant. Dans certains cas elle peut remplir des coquilles de foraminifères, donnant ainsi naissance à des moules dont l'origine est facile à mettre en lumière lorsqu'on peut voir la Glauconie incluse se propager sans interruption dans le ciment englobant les coquilles de foraminifères. Les moules ainsi formés sont, par opposition à ceux cités plus haut, de faux moules, et n'ont pas d'importance au point de vue de la genèse de la Glauconie.

Propriétés physiques.

Poids spécifique.—Selon M. Lacroix, la valeur de la densité de la Glauconie oscille entre les chiffres de 2·2 à 2·3 ; M. Rosenbusch donne le chiffre de 2·30. Pour M. Spurr elle

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

dépasserait souvent 3, et atteindrait dans un échantillon qu'il cite la valeur 3·634. Nous devons dire que, bien que la Glauconie se montre souvent capricieuse dans ses propriétés, *la densité est une constante physique trop importante pour qu'il soit permis d'admettre une telle variation.* Un minéral dont la densité est 3·6 ne peut être de la Glauconie, même si l'on considérait la Glauconie comme une famille ou groupe de minéraux, et non pas comme une espèce; et même dans les limites de groupes tels que ceux des Amphiboles ou des Pyroxènes, où la nature des bases varie encore plus que ce n'est le cas chez la Glauconie, on ne trouve pas une pareille variation dans la valeur de la densité. Ce minéral est si difficile à séparer du quartz au moyen des liquides lourds, que les chiffres donnés par M. Lacroix et M. Rosenbusch sont sans aucun doute les vrais.

Dureté.—La Glauconie est assez tendre pour être écrasée sous l'ongle; ce peu de cohésion est un argument en faveur de la genèse purement mécanique de la Glauconie pigmentaire (les cas d'épigénie dont nous parlerons plus loin devant être attribués à un dépôt par solution), et explique la forme généralement arrondie des grains.

Structure.—La Glauconie ne se présente que rarement sous forme de cristaux proprement dits; chaque grain ou moule consiste en un aggrégat de cristaux lamellaires microscopiques dont le diamètre ne dépasse en moyenne guère 0·003 mm., et dont les axes d'élasticité n'ont pas une orientation commune de sorte que le grain ou moule, quoique d'apparence homogène en lumière ordinaire, offre des plages diversement illuminées entre nicols croisés.

M. le Prof. Cayeux a décrit une variété bien cristallisée de Glauconie, dont il a eu l'amabilité de nous envoyer quelques échantillons aux fins de les comparer à d'autres de la collection de Sir John Murray, et provenant du crétacé d'Irlande, de Folkestone et du nummulitique du Säntis en Suisse. Cette variété est fortement polychroïque, ng. vert, np. jaune pâle, et s'éteint à 0°. De toutes les sections étudiées, celle qui était le plus près d'être parallèle à ng.-np. avait une biréfringence voisine de la valeur 0·030, biréfringence notablement plus élevée que celle des particules élémentaires des grains à structure cryptocristalline. Ces cristaux montrent en outre un clivage

Downloaded from https://www.cambridge.org/core University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

plus ou moins parfait, parallèle à l'axe ng. Cette variété est très rare et n'a pas encore été rencontrée en voie de formation dans les mers actuelles, de sorte que nous sommes portés à l'envisager comme étant due à une action métamorphique.

Propriétés optiques.

La *couleur* de la Glauconie pure et non attaquée est verte, vert-olive, et, dans le cas du Gault de Saxonnet en Savoie, d'un beau vert presque bleu. L'intensité de la couleur varie passablement, et semble diminuer avec l'âge du minéral : des échantillons de Glauconie du Cambrien et du Carbonifère d'Angleterre sont vert-d'eau extrêmement pâle, presque incolore ; cela est évidemment dû au métamorphisme, car ici la couleur pâle n'est pas due au mélange mécanique d'une grande quantité d'argile claire, comme cela est le cas pour les moules glauconitiques vert-pâle recueillis par le *Challenger*.

Polychroïsme.—Nous avons déjà parlé de cette propriété caractéristique de la variété bien cristallisée ; elle existe aussi chez la Glauconie ordinaire, mais il faut pour l'observer que les particules élémentaires aient une taille suffisamment grande pour que l'on puisse isoler l'une d'elles au moyen du diaphragme oculaire, avec le concours d'un fort grossissement. Nous avons observé que lorsque les particules élémentaires ont un diamètre inférieur à 0·008 mm., elles sont trop enchevêtrées les unes dans les autres pour qu'il soit possible d'observer la moindre trace de polychroïsme. Ce dernier est le même que pour la variété bien cristallisée c.à.d. ng. vert, np. jaune pâle. À notre connaissance cette propriété n'avait pas encore été remarquée dans la Glauconie ordinaire des mers actuelles.

Biréfringence.—Même avec les plus forts grossissements il n'est pas possible d'agrandir suffisamment les particules élémentaires pour y observer les figures d'interférence en lumière convergente. On ne peut donc dire avec certitude si les particules qui polarisent le plus haut dans l'échelle de Newton appartiennent à la section principale ng.-np. ou à une section d'orientation quelconque ; cependant comme dans le nombre immense de particules formant les grains ou les moules nous n'en avons jamais rencontrés dont la

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

biréfringence dépasse le chiffre 0·020, ce chiffre doit être celui de la biréfringence maxima, car il serait inadmissible qu'aucune de ces myriades de particules ne fût parallèle à la section ng.-np. La Glauconie ordinaire diffère donc en outre de la Glauconie en grands cristaux par sa biréfringence notablement moins élevée; cette dernière s'abaisse même d'une manière frappante dans les échantillons du Cambrien et du Carbonifère que nous avons étudiés, tout comme la couleur propre du minéral, la même action métamorphosante qui fait disparaître la couleur abaissant la biréfringence.

Système cristallin.—M. Lacroix considère la Glauconie comme monoclinique, et la place dans le groupe des chlorites; l'angle des axes varie de 30° à 40°, et peut même s'approcher de 0°; sauf erreur, ces données ont été étudiées sur la variété en grands cristaux, et nous les avons retrouvées dans les échantillons ayant servi à notre étude: une section de Glauconie du crétacé d'Irlande est presque rigoureusement uniaxe, de signe optique négatif, la figure d'interférence étant de toute netteté, tandis que d'autre part la même variété cristallisée, provenant du Säntis, est franchement biaxe; mais les sections observées n'étant pas rigoureusement perpendiculaires à la bisectrice aigüe, nous n'avons pû procéder à une mesure d'angle.

Quant à la Glauconie ordinaire on n'a pas les données nécessaires pour établir d'une manière absolue le système cristallin auquel elle appartient, mais il est tout-à-fait légitime de la placer comme l'autre variété, dans le groupe des chlorites, et de la considérer comme monoclinique.

Relations entre la Glauconie et ses diverses manières d'être.

Les sondages entrepris durant ces trente dernières années ont montré que la Glauconie existe le plus souvent sous forme de grains formant un des éléments constituants des boues et sables verts; les moules sont moins fréquents, et la Glauconie pigmentaire n'est bien observable que dans le cas de dépôts consolidés. Nous avons mené de front l'étude de la Glauconie des terrains sédimentaires et celle des mers actuelles, de façon à avoir une bonne base de comparaison; nous avons ainsi trouvé que, en règle générale, la différenciation est poussée plus loin dans la Glauconie sédimentaire que dans la moderne.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Différenciation chez les grains glauconitiques modernes.—Une observation digne de remarque est que les grains cimentés montrent une différenciation beaucoup plus avancée que les grains libres des sables et boues, aussi l'ample moisson de concrétions phosphatées recueillie par les bateaux du "Department of Agriculture of the Cape of Good Hope" sur l'Agulhas Bank nous a-t-elle permis de faire de nombreuses observations sur ce sujet, car il ne faut pas oublier que les concrétions phosphatées sont, avec les nodules de manganèse, les principaux dépôts marins trouvés tout formés à l'état *compact*.

Les phénomènes de différenciations observés sont: 1°. Une différence dans l'intensité de la couleur au sein d'un seul et même grain. Les grains de Glauconie de certaines concrétions phosphatées de l'Agulhas Bank ont leur partie médiane d'un vert très pâle, tandis que la partie externe a la couleur vert foncé propre au minéral; le passage de la teinte claire à la teinte foncée se fait graduellement, sans aucune transition brusque.

En général c'est le contraire qui est le plus fréquent: le centre est plus foncé que la périphérie, avec, comme dans le cas précédent, passage graduel.

Souvent aussi le grain est entouré d'une très mince gaîne, visible aux forts grossissements seulement, et que l'examen entre nicols croisés montre être isotrope; à cette gaîne succède quelquefois une nouvelle zône, de couleur verte, plus homogène et moins cryptocristalline que le noyau, et pourvue de clivages radiaux. Entre nicols croisés cette zône se comporte à la façon des sphérolites en donnant le phénomène de la croix noire. Les fibres formant cette couche externe ont un allongement positif, et leur biréfringence est de 0·011; en outre, comme la forme de cette couche est quelconque, on ne peut attribuer cette dernière à la pseudomorphose de la calcite de coquilles de foraminifères. Il peut être intéressant de noter que son indice de réfraction est inférieur à celui de la Glauconie du noyau interne.

C'est aussi à un phénomène de différenciation qu'il nous semble devoir attribuer la formation, dans certains grains, de plages dues à la soudure de particules ayant la même orientation; ces plages cessent d'être cryptocristallines et ont une teinte de

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

polarisation uniforme, bien que souvent elles aient des extinctions roulantes prouvant que leur homogénéité n'est pas parfaite.

Dans les grains de Glauconie sédimentaire on retrouve tous les exemples de différenciation cités ci-dessus avec en plus la variété bien cristallisée et clivée dont nous avons déjà parlé, et qui n'existe pas chez la Glauconie moderne.

Quant aux moules glauconitiques proprement dits, ils sont presque complètement exempts de ces phénomènes, et les exemples observés peuvent se rapporter à deux cas: l'un dû à une différence dans la cristallisation, l'autre à la présence de minéraux étrangers. Le premier consiste en la présence, dans quelques rares cas seulement, d'un anneau de forme très régulière situé à l'intérieur du moule, et dû à l'arrangement de particules ayant la même biréfringence, de sorte qu'entre nicols croisés on voit au centre du moule un anneau illuminé d'une teinte vive et uniforme. Ce cas a été observé sur des moules d'un sable vert recueilli par le *Challenger* à la station 164, près de Sydney.

Dans le matériel de cette même station nous avons rencontré des moules renfermant des taches foncées et opaques, que leurs contours montrent être dus à la présence de minéraux englobés dans le remplissage glauconitique, et devenus méconnaissables par suite d'une action chimique leur ayant fait subir une sorte de digestion plus ou moins complète (v. Pl. I.). Ce point est intéressant à noter, en ce qu'il indique la présence d'un agent chimique puissant, qui pourrait jouer un rôle dans la genèse des moules glauconitiques.

Ce que nous avons dit dans le chapitre précédent nous amène à parler ici de moules non exclusivement glauconitiques, et que nous pourrions appeler *moules imparfaits*, et qui marquent un acheminement vers la formation des moules glauconitiques.

Les dépouilles de foraminifères déposées sur le fond de la mer sont toutes désignées à être tôt ou tard remplies par la matière minérale tenue en suspension par l'eau, de sorte qu'une coupe microscopique, faite dans un sable vert ou une boue à globigérines prise à une profondeur ne dépassant pas la limite d'environ deux mille mètres, offrira tous les termes de passage entre des moules simplement argileux, et des vrais moules de Glauconie.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Ainsi dans une même préparation on pourra voir que certaines coquilles de foraminifères ne sont qu'en partie remplies par une matière argileuse gris-clair, d'autres sont complètement remplies par cette même matière ; continuant cet examen, toujours dans la même préparation, on verra que certains de ces moules, qui sont ce que Sir John Murray a appelé "*imperfect casts*," sont teintés de brun par l'adjonction d'une certaine quantité de fer, et, la proportion de fer augmentant, on trouvera, comme terme extrême de la série, des moules brun-foncé, complètement opaques. Ces derniers sont facilement attaquables par les acides sulfurique et chlorhydrique, lentement à froid et rapidement à chaud, en laissant un résidu de silice ; donc, si les moules bruns étaient formés d'un mélange mécanique d'argile et de limonite, les acides, attaquant plus rapidement la limonite que l'argile, laisseraient cette dernière sous forme d'un résidu facile à reconnaître. C'est pourquoi il nous semble permis de considérer les moules bruns comme essentiellement formés d'un silicate de fer, tandis que les moules gris sont essentiellement alumineux. Le microscope permet d'aller plus loin encore dans l'étude des différentes phases de l'élaboration d'un moule de Glauconie : le même préparation supposée ci-dessus contient *certains moules bruns dont la périphérie montre une manifeste transformation en Glauconie, c.à.d. qu'au lieu d'être brune, amorphe et opaque, elle devient verte, cristalline, et translucide en lame mince.* On peut ainsi faire défiler sous l'objectif toute une gamme de moules dont la partie verte l'emporte de plus en plus sur la partie brune, et il est évident que la première est plus récente que la dernière, car il serait absurde d'attribuer le noyau brun de ces moules à un phénomène de décomposition, cette dernière partant toujours de la périphérie.

La transformation se fait très graduellement, et il n'y a pas de transition brusque entre les parties brunes et vertes ; la limite comprise entre ces dernières occupe une surface régulière, de sorte que la métamorphose ne se fait pas irrégulièrement le long de prolongements ou diverticules, sauf dans les cas où la nature de la coquille ou son état de conservation auront permis à l'agent de transformation d'opérer selon une surface irrégulière.

Vu l'importance que nous avons accordée à ce sujet, le lecteur pensera peut-être que les moules glauconitiques forment une part

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

considérable des dépôts marins ; il n'en est cependant rien, ce qui pourrait être une objection à l'hypothèse que les grains de Glauconie modernes et des assises géologiques ont tous passé par le stade de moules glauconitiques. À cela nous pouvons répondre comme suit : Le processus de la formation de la Glauconie est évidemment très lent, et si le nombre des moules glauconitiques est infini par rapport à celui des grains, le temps qui s'écoule est suffisant pour permettre à un nombre donné de moules de se transformer mécaniquement en grains, en même temps que de nouveaux moules se reforment, et ainsi de suite. Dès lors, cette hypothèse n'a rien que de très admissible, pour peu que l'on songe que si le processus n'agit pas par grands efforts et par grandes masses, il se répartit sans interruption durant des temps infinis.

Nous renvoyons au chapitre traitant de la genèse de la Glauconie les diverses façons possibles d'interpréter le mécanisme selon lequel la silice, le fer, la potasse et l'eau se combinent pour former la Glauconie, et aborderons maintenant l'étude de la troisième manière-d'être de ce minéral, *la Glauconie pigmentaire.*

C'est de nouveau dans les dépôts compacts que l'on trouve de bons exemples de Glauconie pigmentaire, se prêtant à l'étude microscopique des diverses façons dont elle se présente. Il est très probable qu'elle existe aussi au sein des dépôts meubles, mais étant dans ce cas à l'état de boue impalpable noyée dans le reste du sédiment, son manque d'individualité empêcherait que l'on puisse en faire une étude utile.

Ce que M. Cayeux a dit pour la Glauconie pigmentaire des terrains sédimentaires, nous l'avons retrouvé dans celle des concrétions phosphatées de l'Agulhas Bank, et nos dernières recherches nous permettent de compléter ce que nous avons écrit à ce sujet dans notre précédent travail (11).

La Glauconie pigmentaire, qui est toujours mélangée à de la calcite triturée ou à du phosphate de chaux, est ou bien uniformément répandue dans la roche, ou bien plus ou moins individualisée sous forme de taches, ou enfin peut remplir certaines cavités, telles que des loges de foraminifères. Dans le premier cas elle ne fait que communiquer une teinte verte au ciment de la concrétion, et ce dernier est en proportion trop

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

considérable pour que la Glauconie qui y est diffusée puisse réagir sur la lumière polarisée. Quand elle se présente sous forme de taches le centre est quelquefois suffisamment riche en Glauconie pure pour pouvoir réagir sur la lumière polarisée, de sorte qu'entre nicols croisés on voit des couleurs de polarisation qui diminuent d'intensité du centre à la périphérie, où le ciment l'emporte sur la Glauconie comme dans le premier cas. Nous attirons l'attention sur ce fait qui prouve l'identité de la Glauconie pigmentaire et de la Glauconie ordinaire, bien que la première ne puisse être directement étudiée pour les raisons déjà indiquées.

Si nous répétons ce que nous avons déjà dit à propos de la Glauconie pigmentaire remplissant des coquilles de foraminifères, c'est pour mettre en garde l'observateur, qui pourrait confondre ces faux moules avec les véritables moules glauconitiques. La confusion n'est pas possible si l'on opère entre nicols croisés avec un bon grossissement, car on voit alors les particules de Glauconie noyées dans le ciment, qui est isotrope s'il est argileux ou phosphatique, et montre les teintes de polarisation irisées de la calcite, s'il est dû à la trituration de cette dernière. Enfin, en règle générale, la couleur de ces faux moules n'est pas aussi foncée que celles des véritables, et en plaques minces leur relief n'est pas aussi considérable.

Avant de trancher en faveur de l'une ou de l'autre des hypothèses touchant l'origine de cette manière d'être de la Glauconie, nous voulons parler ici de la *Glauconie épigénique*, avec laquelle elle pourrait avoir certains rapports. Comme la Glauconie épigénique a été étudiée très en détail par M. Cayeux (8) dans certaines roches sédimentaires, il est intéressant de signaler le fait que divers cas d'épigénie de ce minéral se produisent de nos jours au sein des mers.

Ce phénomène affecte 1° des éléments minéraux organisés, tels que la calcite de coquilles de Foraminifères, et 2° des minéraux détritiques, tels que le quartz et les feldspaths. Le centre de la figure Pl. III. est occupé par un moule glauconitique de Globigérine dont la coquille, quoique fraîche et bien conservée, est imprégnée de mouchetages (paraissant noirs sur la photographie) de Glauconie parfaitement typique. La figure Pl. VI. représente un cas plus complexe : la masse générale de la préparation est teintée en vert-

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

clair par de la Glauconie pigmentaire, tandis que la section de coquille au milieu a sa calcite complètement remplacée par de la Glauconie épigénique vert-foncé. Enfin, la figure Pl. VIII. donne un exemple d'épigénie sur un grain de quartz ; les mouchetages et les barres noires bien visibles sur cette photographie sont dus à la présence de Glauconie ne se distinguant en rien de la Glauconie ordinaire, et ici l'épigénie ressemble absolument à ce que l'on observe dans le cas des roches sédimentaires, bien que chez ces dernières le phénomène se soit souvent produit après la consolidation de la roche, comme l'a montré M. Cayeux.

Maintenant, la Glauconie pigmentaire et la Glauconie épigénique sont-elles dues au dépôt du produit de la trituration de Glauconie préexistante? Ou bien sont-elles dues à un dépôt de Glauconie tenue en solution par un agent quelconque? Ou enfin faut-il chercher l'explication dans la métamorphose d'un silicate de fer brun, comme dans le cas des moules bruns se changeant en moules verts? La première de ces hypothèses ne peut s'appliquer qu'à la Glauconie pigmentaire, car on ne pourrait s'expliquer le remplacement épigénique par l'action mutuelle de deux corps à l'état solide, c.à.d. de Glauconie toute formée d'une part, et d'une coquille ou d'un minéral, selon les cas, d'autre part.

L'intervention d'un dissolvant permet de trouver une explication assez plausible aux phénomènes d'épigénie, mais ne pourrait guère s'expliquer dans le cas de la Glauconie pigmentaire. En effet, dans le premier cas, on comprend assez bien que la Glauconie tenue en solution arrive à s'infiltrer dans les pores les plus intimes d'une coquille ou d'un minéral, et arrive même à les remplacer complètement par pseudomorphose, dans le cas où ce même dissolvant aurait dissous du même coup les minéraux épigénisés, tout en déposant à leur place la Glauconie qu'il tenait en solution. On conçoit que d'autre part l'explication ci-dessus convienne moins bien au cas de la Glauconie pigmentaire, car il semble qu'un précipité doive se déposer en couches homogènes et compactes, et non pas sous forme de paillettes noyées dans un ciment ; en outre les formes bizarres qu'affectent souvent les traînées de Glauconie pigmentaire évoquent à l'esprit la notion d'une matière pulvérulente que de petits remous ou tourbillons forcent à se déposer dans des endroits déterminés.

La troisième hypothèse nous a été suggérée par quelques

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

observations, dont un exemple est donné par la figure Pl. IX. Le centre de la figure est occupé par la section d'une coquille dont la calcite est complètement remplacée par une matière ferrugineuse brun-foncé. Le remplacement est ici indubitable, mais à l'encontre de ce qui se passe chez les moules bruns et verts, on ne peut dire si la matière brune est postérieure ou antérieure à la Glauconie, cette dernière épigénisant des fragments de coquilles poreuses concurremment avec la matière brune, mais seulement selon une surface plane, ce qui ne permet donc pas de trancher la question (nous avons observé plusieurs exemples de ce phénomène sur des échantillons de nodules phosphatés jaunes de la station 7, Agulhas Bank, par 238 m. de profondeur).

Formation des grains de Glauconie.—Si nous plaçons ici l'étude de cette question, c'est que nous pourrons avoir à recourir à ce qui a été dit dans les chapitres précédents pour arriver aux hypothèses les plus vraisemblables.

C'est un fait bien connu que la Glauconie se présente le plus souvent sous forme de grains arrondis, généralement ovoïdes. Cette forme régulière a toujours intrigué les géologues, et nombreuses sont les hypothèses auxquelles ils ont eu recours pour l'expliquer, ainsi que la taille même des grains, qui dépasse souvent de beaucoup celle qu'auraient les produits du remaniement pur et simple de moules glauconitiques.

Les diverses hypothèses exprimées au sujet de la genèse des grains de Glauconie peuvent *grosso modo* se ramener à deux : une école, avec Murray et Renard en tête, admettent que les grains dérivent des moules, après brisure de la coquille et accroissement subséquent par apport de matière glauconieuse ; l'autre école, représentée surtout par M. Gümbel, attribue aux grains une genèse toute différente et indépendante de la matière organisée. Nous renvoyons pour plus de détails au travail original de M. Gümbel, et nous contenterons de dire ici que si les grains étaient dus au dépôt de Glauconie sur l'enveloppe de bulles gazeuses, avec remplissage subséquent, par intussusception, de la coque ainsi formée, il n'y aurait pas de raisons pour que la Glauconie seule aie une telle attraction pour les bulles de gaz, et dans ce cas il n'y aurait rien d'étonnant à voir maintes espèces minérales, telles que la pyrite, le manganèse, la phillipsite, etc., obéir à la même loi.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Sans apporter une preuve décisive à l'appui de la première manière de voir, nous croyons cependant devoir nous y ranger en modifiant légèrement la manière dont Murray et Renard expliquent le processus. Comme eux, il nous semble qu'il est parfaitement logique d'admettre que les grains dérivent originellement de moules, mais sans toutefois nier qu'il soit possible que le moule continue à croître, pour ainsi dire, en faisant éclater sa coquille et en perdant ainsi sa forme primitive, nous pensons qu'il nous sera permis d'offrir une explication un peu différente, qui nous a été suggérée par le grand rôle que paraissent jouer la Glauconie pigmentaire et la Glauconie épigénique.

En effet, supposons que des moules aient perdu leur coquille et se trouvent placés dans un endroit où l'une des variétés de Glauconie, pigmentaire ou épigénique, soit justément en train de se déposer ou de s'élaborer. Or, puisque cette Glauconie peut souder entre elles des particules de calcite et imprégner les fissures de fragments de quartz, etc., pourquoi ne pourrait-elle souder entre eux des fragments de moules? Cela supposé, le roulement et le frottement avec les autres corps solides déposés au fond de la mer donneront à cet agglomérat la forme arrondie et l'aspect luisant si caractéristiques des grains de Glauconie.

Nous voyons de suite les objections que l'on pourrait faire à cette manière de voir, objections du reste déjà formulées par M. Gümbel (*Ueber die Natur . . . etc.*, p. 435): l'examen d'une préparation contenant des grains de Glauconie, ne révèle au microscope la présence ni du ciment ni de lignes de suture. Avant d'y répondre nous prions le lecteur de ne pas perdre de vue la plus caractéristique de toutes les propriétés physiques de la Glauconie: c.à.d. que cette dernière est *cryptocristalline*. Cela posé, supposons de nouveau deux ou plusieurs fragments de moules; chacun de ces fragments est composé d'une multitude de particules *diversément orientées*. Maintenant, le ciment glauconieux qui vient souder les fragments de moules, est lui aussi formé de particules diversément orientées, de sorte que cette espèce d'hétérogénéité dans la structure intime, des fragments comme du ciment, *doit donc masquer toute ligne de suture.*

Associations minérales.—Ce sujet étant important dans l'histoire de la Glauconie, nous comptons en traiter ici, bien que Murray et

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Renard d'une part, et M. Cayeux de l'autre, lui aient déjà consacré plusieurs pages.

Les minéraux qui accompagnent la Glauconie dans ses divers gisements peuvent être ou bien détritiques ou bien secondaires, c.à.d. s'être formés *in situ* au fond de la mer.

Des minéraux détritiques le *quartz* est celui qui joue de beaucoup le plus grand rôle ; il va de soit qu'il se rencontre en toutes proportions, et dans le cas des sables verts il est le principal constituant de ce sédiment. Il se présente en grains dont le diamètre varie d'une fraction de centième de mm. à 1 et même 2 mm., avec une moyenne assez constante de 0·3 mm. Ce n'est que rarement qu'ils sont roulés et arrondis ; en général leurs arêtes sont tranchantes ou seulement émoussées. Ils sont le plus souvent libres, et dans le cas de concrétions phosphatées, isolés au milieu du ciment ; nous n'avons observé qu'exceptionnellement des grains de quartz réunis entre eux au moyen d'un ciment siliceux : ils prennent alors en lumière parallèle l'apparence de larges plages qui se résolvent entre nicols croisés en une mosaïque à éléments diversément orientés.

Les autres minéraux détritiques jouent un rôle tout-à-fait subordonné ; le Zircon et la Tourmaline sont pour ainsi dire toujours présents, mais au nombre de quelques grains seulement par coupe. Les Feldspaths, en cristaux plus petits que les grains de quartz, appartiennent, comme nous l'avons fait remarquer dans un travail précédent, aux Plagioclases, et, chose digne de remarque, leur composition ne s'écarte en général guère de celle d'un Labrador plus ou moins basique. La parfait état de fraîcheur de ces cristaux prouve qu'ils sont remarquablement réfractaires à l'action des agents chimiques de l'eau du fond des mers, ce qui est juste le contraire dans le cas des feldspaths potassiques : ces derniers sembleraient donc avoir été complètement dissous avant d'avoir pû arriver à la zône de sédiments où la Glauconie se forme. En effet, dans toutes les coupes étudiées nous n'avons observés qu'un ou deux cristaux pouvant se rapporter à l'Orthose, et encore ces derniers étaient-ils complètement kaolinisés. Le Mica aussi est fortement décomposé ; il perd toute biréfringence et prend un aspect terreux, et ne se reconnait qu'à sa forme.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Depuis Murray et Renard les géologues sont à peu près tous d'accord pour admettre que les Feldspaths et les Micas potassiques fournissent, en se décomposant, la potasse nécessaire à la formation de la Glauconie; or, ces minéraux terrigènes ne pouvant être transportés jusqu'à la zône de la "Red Clay," on comprend alors que ces régions abyssales soient pauvres en potasse, et partant dépourvues de Glauconie.

Outre les espèces minérales énumérées plus haut, on en rencontre d'autres telles que Rutile et Hornblende, mais en proportion minime, et variant avec la nature des côtes voisines du gisement glauconieux.

Les matières minérales *secondaires* associées à la Glauconie sont surtout représentées par le Carbonate et le Phosphate de Chaux. Les fragments et particules de Calcite sont toujours dus à la destruction d'organismes calcaires; cela est indubitable dans le cas des gros fragments, où la structure organique est souvent reconnaissable, et quant aux particules, qui sont un des constituents des boues d'une part, et du ciment de certaines concrétions d'autre part, leur origine organique ne peut non plus faire l'object d'aucun doute. En effet, du Carbonate de Chaux précipité chimiquement par des actions lentes prendrait une forme cristalline régulière, tandis que ces paillettes, examinées aux forts grossissements, montrent des formes irrégulières et déchiquetées.

Sans vouloir revenir ici sur la question du Phosphate de Chaux, nous tenons cependant à appuyer sur ce fait qu'il n'est jamais individualisé sous forme de cristaux; avec ou sans le concours de particules de Calcite, il sert de ciment aux minéraux détritiques et à la Glauconie englobés dans les concrétions phosphatées.

Enfin, nous pouvons placer la Pyrite parmi les minéraux secondaires accompagnant la Glauconie, mais comme elle s'y trouve fréquemment à l'état d'inclusions, nous développerons cette question dans le chapitre suivant.

Inclusions minérales.—Tous les minéraux caractéristiques du sédiment où la Glauconie a été recueillie peuvent se trouver au milieu de grains ou de moules de cette dernière à l'état d'inclusions.

Chez les moules les inclusions sont plutôt rares et naturellement

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

d'une taille ne dépassant pas le diamètre des orifices qui leur ont donné passage. Au contraire, chez les grains les inclusions de quartz, calcite, etc. peuvent avoir un volume qui dépasse quelquefois le quart de celui du grain même. Nous tenons spécialement à attirer l'attention sur ce fait, qui est un argument en faveur de l'explication que nous avons donnée touchant la formation des grains de Glauconie marine. Si, partant de la notion que cette dernière est engendrée dans les loges des Foraminifères, l'on trouve des inclusions trop volumineuses pour qu'il leur eut été possible de pénétrer dans ces loges, c'est que ces éléments étrangers auront été englobés en même temps que les fragments de moules par le ciment glauconieux que nous faisons intervenir dans le chapitre traitant de la genèse des grains. De telles inclusions sont assez fréquentes, et si l'on envisage leur origine comme nous venons de le faire, cela n'a rien que de très naturel, et prouve que la Glauconie peut fonctionner comme un ciment qui se fusionne sans traces de différenciation avec les éléments qu'il empâte. Ainsi, l'objection élevée par M. Gümbel, c.à.d. que les grains de Glauconie ne montrent rien dans leur structure rappelant un ciment ou des lignes de suture, doit donc tomber.

Comme il est inutile de redonner une description complète des diverses inclusions minérales, cela ayant déjà été fait par Murray et Renard pour la Glauconie marine, et par M. Cayeux pour la Glauconie sédimentaire, nous nous arrêterons seulement à celles que nous considérons comme les plus importantes. On sait que la Pyrite et la Magnétite se rencontrent parfois dans les grains et moules de Glauconie ; la première est soit en cristaux bien définis, soit sous forme d'une poussière disséminée dans la Glauconie ; dans ce dernier cas il est difficile de la reconnaître au moyen de sa couleur en lumière réfléchie, et pour la distinguer de la Magnétite nous avons utilisé l'inégale action des acides nitrique et chlorhydrique sur ces deux minéraux. Quant à la Magnétite, nous ne l'avons pas observée sous forme de cristaux ; tous les exemples que nous en connaissons sont en petits amas informes.

Cette présence de minéraux essentiellement ferrugineux au sein de la Glauconie pourrait faire croire qu'il y a entre eux un rapport

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

de consanguinité et que l'un procède de l'autre ; toutefois nous pensons qu'il n'en n'est pas ainsi. En effet, quand la pyrite se présente sous forme de cristaux ces derniers ne présentent aucun exemple de corrosion ou digestion, et la Glauconie qui est en contact immédiat avec eux ne diffère en rien du reste de la masse, de sorte que si la Glauconie avait emprunté son fer à la Pyrite, elle devrait être plus foncée, plus biréfringente, etc., au voisinage de cette dernière qu'ailleurs. Le même raisonnement s'applique au cas de la Magnétite.

Une chose frappante est que ces inclusions de Pyrite et de Magnétite sont beaucoup plus fréquentes chez la Glauconie des terrains sédimentaires que chez la Glauconie actuelle, du moins en ce qui concerne les échantillons, très nombreux du reste, que nous avons eus entre les mains. Il nous semble que dans le cas de la Glauconie sédimentaire il faut admettre avec M. Cayeux que cette dernière, même au sein d'une roche consolidée, jouit d'une mobilité considérable qui permet l'introduction de ces minéraux. Pour ce qui est de la Glauconie actuelle on a affaire ou bien à de simples inclusions, ou bien, dans le cas où les cristaux de Pyrite sont bien délimités et ne paraissent pas avoir subi l'action des agents de transport, à une genèse simultanée de la Glauconie et de la Pyrite, ce qui confirmerait les vues de Murray et Renard sur le rôle du soufre dans la production de la Glauconie.

Décomposition de la Glauconie.—C'est un fait bien connu que sous certaines conditions mal connues la Glauconie est instable et se transforme en une matière ochreuse. Le manque de connaissances regardant la nature de l'eau des boues marines fait que l'on ne sait pas quel est l'agent auquel cette décomposition est due ; quant à la Glauconie des roches sédimentaires, dans certaines localités où elle se trouve en grande abondance, elle peut se décomposer sur une vaste échelle. En fait, deux monographies ont été écrites sur des gîtes de minerai de fer devant leur origine à cette cause. La première est celle de M. K. Glynka (17) sur certains gisements de Russie ; la seconde, due à M. Spurr (40), traite des roches ferrifères de la chaîne de Mesabi, Minnesota. Ces deux auteurs sont d'accord pour attribuer aux eaux telluriques l'action décomposante, mais sans spécifier quel est l'agent actif

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

qu'elles contiennent, bien que d'après une expérience de M. Glynka, de la Glauconie aie perdu, après avoir été plusieurs mois en contact avec de l'eau et de la neige : CaO, K^2O, MgO et Fe^2O^3, le produit final étant une argile ferrugineuse (la Glauconie de M. Glynka différant beaucoup par sa composition de la Glauconie marine). Dans les cas étudiés par M. Spurr la décomposition va encore plus loin, le produit final étant des couches alternativement formées de silice et de limonite. Il semblerait donc ressortir de cela que la décomposition est surtout due à la perte de cet élément important : la potasse. Une chose qui prouve que les eaux doivent contenir un principe spécial pour opérer cette décomposition, c'est que la Glauconie se comporte à le point de vue d'une façon qui varie avec les localités où elle a été recueillie, cela aussi bien pour la Glauconie marine que pour la Glauconie des terrains sédimentaires. Ainsi la Glauconie analysée par nous et récoltée par le U.S.S. *Tuscarora* par 38° 32′ de lat. N. et 123° 24′ de long. W., est d'une fraîcheur parfaite, tandis que dans un échantillon de sable vert identique à tous les points de vue, dragué par 39° 16′ de lat. N. et 124° 43′ de long. W., la Glauconie montre de manifestes traces de décomposition, affectant presque tous les grains de l'échantillon.

Nous avons effleuré ce sujet pour être complet, mais, nous tenons à le répeter, on ne pourra en donner une explication satisfaisante que lorsqu'on aura obtenu et analysé l'eau même qui imprègne le sédiment.

III. Composition chimique.

Comme on l'a reconnu depuis longtemps, la Glauconie est un silicate hydraté de fer et de potasse, contenant certaines quantités d'alumine, chaux, magnésie et soude.

De toutes les analyses citées par Gümbel, Dana, Hintze, Lacroix, etc., il n'y en a pas deux qui concordent ; cela provient évidemment du fait que la Glauconie ayant une densité variant de 2·2 à 2·8, il est pour ainsi dire presque impossible d'opérer sur un matériel vraiment pur, surtout exempt de Quartz. Dans le tableau ci-contre nous donnons le résultat de 8 analyses récentes qui sont bien loin de concorder entre-elles ; néanmoins elles valent la peine d'être discutées.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

No.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	K^2O	Na^2O	H^2O	Total.	
1	56·62	12·54	15·63	1·18	1·69	2·49	2·52	0·90	6·84	100·41	Glauconie des mers actuelles.
2	50·85	8·92	24·40	1·66	1·26	3·13	4·21	0·25	5·55	100·23	
3	51·80	8·67	24·21	1·54	1·27	3·04	3·86	0·25	5·68	100·32	
4	55·17	8·12	21·59	1·95	1·34	2·83	3·36	0·27	5·76	100·39	
5	27·74	13·02	39·93	1·76	1·19	4·62	0·95	0·62	10·85	100·68	
6	46·90	4·06	27·09	3·60	0·20	0·70	6·16	1·28	9·25	99·24	
7	40·00	13·00	16·81	10·17	1·97	1·97	8·21	2·16	6·19	100·48	Glauconie des roches sédimentaires.
8	52·86	7·08	7·20	19·48	tr.	2·90	2·25	tr.	8·43	100·18	

No. 1–5, Analyses du *Challenger* (34). No. 6, Glauconie de l'Agulhas Bank, Gümbel (20). No. 7, Glauconie d'Antrim, Hoskins (23). No. 8, Glauconie de French Creek, Knerr et Schoenfeld in Dana (13).

Les six premières analyses ont été faites sur de la Glauconie des mers actuelles, les deux dernières sur de la Glauconie de roches sédimentaires.

Le matériel utilisé pour les analyses du *Challenger* était loin d'être pur ou plutôt homogène. Les moules glauconitiques des organismes calcaires sont de différentes couleurs, suivant l'état plus ou moins avancé de la formation de la Glauconie. Murray et Renard (34) ont distingué des moules blancs, gris, jaunes, vert pâle et vert foncé. À notre avis les moules blancs, gris, jaunes, vert pâle doivent être envisagés comme de la Glauconie en voie de formation, les moules vert foncé étant seuls formés par de la Glauconie typique.

Le No. 1 *contenait :*

65 % de moules blancs, gris et quelques jaunes.
20 % „ vert pâle.
11 % „ vert foncé.
14 % de minéraux et organismes siliceux.

Le No. 2 *contenait :*

15 % de moules blancs, gris et jaunes.
35 % „ vert pâle.
45 % „ vert foncé.
5 % de minéraux et organismes siliceux.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Le No. 3 *contenait :*

10 % de moules blancs, gris et jaunes.
25 % ,, vert pâle.
60 % ,, vert foncé.
5 % de minéraux et organismes siliceux.

Le No. 4 *contenait :*

30 % de moules blancs, gris et jaunes.
40 % ,, vert pâle.
20 % ,, vert foncé.
10 % de minéraux et organismes siliceux.

Aucune description du matériel du No. 5 n'est donnée, mais il était probablement composé de Glauconie decomposée, comme nous le verrons plus loin.

Les analyses du *Challenger*, spécialement le No. 1, montrent une forte teneur en Silice, sauf le No. 5, où nous avons probablement un cas de décomposition, et où, comme nous le verrons dans le chapitre de la décomposition, la Silice est balancée par une forte augmentation de fer ferrique.

Le fer ferreux dans ces analyses varie de 1·18 à 1·95, tandis que le fer ferrique varie de 15·63 à 39·93. Dans les deux analyses de Glauconie de roches sédimentaires la teneur du fer ferreux augmente considérablement et atteint 19·48 % dans le No. 8, et 10·17 % dans le No. 7, cette dernière analyse ayant été faite sur de la Glauconie triée et vert foncé.

Nous voyons donc une grande différence entre la composition de la Glauconie des mers actuelles et celle des roches sédimentaires.

Ayant eu la bonne fortune de rencontrer parmi les importantes collections du *Challenger* Office le plus pur échantillon de Glauconie actuelle qui ait jamais été trouvé, nous en avons fait une étude microscopique très détaillée, accompagnée d'une analyse quantitative. Ce matériel fut dragué en 1873 par le U.S.S. *Tuscarora* à une profondeur de 317 mètres au point lat. N. 38° 32′, long. W. 123° 24′; il se composait de grains vert foncé sans aucune trace de décomposition, et de grains de Quartz qui ont été séparés au moyen d'un puissant électro-aimant.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

L'analyse nous a donné les résultats suivants:

SiO^2	=	47·46 %
Fe^2O^3	=	30·83 %
Al^2O^3	=	1·53 %
FeO	=	3·10 %
MgO	=	2·41 %
K^2O	=	7·76 %
H^2O	=	7·00 %
Total	=	100·09 %

L'analyse qui concorde le mieux avec la nôtre est celle de Gümbel (No. 6); la forte teneur en Silice et en Alumine des analyses du *Challenger* s'explique par le fait de la présence de moules blancs et gris dans la substance analysée, ces moules étant en grande partie constitués par de l'argile. La présence de CaO et de Na^2O avait déjà été attribuée, avec raison, par plusieurs auteurs à des impuretés, ce que confirme notre analyse qui pourra désormais servir de type. *La Glauconie étant un minéral se formant aujourd'hui sur le fond des mers, ce n'est pas la Glauconie des roches sédimentaires, qui certainement a subi des transformations, qu'il faut étudier pour connaître la genèse de cet intéressant minéral.**

Dans leur intéressant travail, "Contribuciones al Estudio de la Glauconita" (6), MM. Calderon et Chaves donnent une synthèse de la Glauconie qui malheureusement est basée sur les résultats d'une analyse de Pisani, faite à un moment où dans la Glauconie on dosait tout le fer à l'état ferreux; erreur due, comme l'a fait remarquer Gümbel (20) déjà en 1886, à la couleur verte de ce minéral.

La question de la synthèse de la Glauconie est donc loin d'être résolue, et c'est de la Glauconie actuelle qu'il faudra désormais partir et non de la Glauconie de roches sédimentaires comme l'ont fait MM. Calderon et Chaves. Nous aurons l'occasion de revenir sur cette synthèse dans un chapitre spécial.

IV. Formation de la Glauconie.

Absence et présence de la Glauconie dans les dépôts marins.— Avant d'attaquer le problème de la formation de la Glauconie

* Voir aussi Collet et Lee, *Comptes-Rendus Acad. Sciences, Paris*, Avril 1906.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

nous voulons essayer de discuter l'absence ou la présence de ce minéral parmi les dépôts marins.

Comme nous l'avons vu précédemment, la Glauconie est généralement présente dans les Boues Bleues, mais ne peut, en aucune façon, en être considérée comme caractéristique.

Grâce à un travail de grande valeur de Murray et Irvine, intitulé "On the Chemical Changes which take place in the Composition of the Sea-water associated with Blue Muds on the Floor of the Ocean" (36), nous pouvons désormais comprendre que la Glauconie se rencontre en petite quantité dans les Boues Bleues.

D'après ces savants les réactions dont les Boues Bleues sont le théâtre sont les suivantes: la matière organique en décomposition réduit les sulfates, en solution dans l'eau de mer, en sulfures, qui sont subséquemment décomposés par l'anhydride carbonique précédemment formé; *ainsi le soufre de l'acide sulfurique* présent comme sulfate de chaux ou de magnésie dans l'eau de mer est retiré et fixé dans la Boue à l'état de Sulfure de Fer (FeS), tandis que l'anhydride carbonique prend la place de l'acide sulfurique et une certaine quantité de Bicarbonate de Chaux est formé, proportionnellement au Soufre extrait de l'eau de mer.

Ces réactions, confirmées par des expériences de laboratoire, peuvent se représenter comme suit:

$$(1)\quad RSO^4 + 2C = 2CO^2 + RS,$$

où R est un métal alcalino-terreux.

$$(2)\quad RS + 2CO^2 + H^2O = H^2S + RCO^3CO^2.$$
$$(3)\quad RS + RCO^3CO^2 + H^2O = 2RCO^3 + H^2S.$$

Cet Hydrogène sulfuré rencontrant de l'oxyde ferrique présent dans la couche superficielle de la Boue donnera lieu à la réaction suivante:

$$(4)\quad Fe^2O^3 + 3H^2S = 2FeS + S + 3H^2O.$$

De cette façon une partie du Soufre est fixée dans la Boue comme sulfure de fer. S'il n'y a pas assez de fer dans la Boue pour fixer tout l'Hydrogène sulfuré formé en (3), ce dernier s'échappe dans l'eau de mer, et rencontrant de l'oxygène, s'oxydera pour donner de l'acide sulfurique et de là un sulfate (RSO^4).

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Dans la Mer Noire (33), où nous avons en quelque sorte une exagération des phénomènes se passant dans les Boues Bleues, nous ne trouvons aucune trace de Glauconie, tout le fer étant précipité à l'état de sulfure, l'Hydrogène sulfuré étant en excès sur ce dernier métal.

M. Chaves (9), continuant ses investigations synthétiques au sujet de la Glauconie, décrit dans une note intitulée "Contribuciones à la sintesis de los silicatos ferriferos por via humeda" les produits résultant de l'action durant vingt mois d'un silicate de soude sur du sulfure ferreux préparé artificiellement. Ce savant obtint: 1°, formation de cristaux de sulfate de soude; 2°, dépôt de grains blancs insolubles dans l'eau, solubles dans l'acide nitrique en laissant un résidu blanc de silice pulvérulente; la dissolution contenant du fer; 3°, formation d'un dépôt gris verdâtre, pulvérulent, cristallin sous le microscope, soluble dans l'acide nitrique et offrant les mêmes propriétés que le précédent.

Ces expériences démontrent qu'on peut obtenir un silicate de fer en partant du sulfure et d'un silicate de soude, le sulfure de fer donc n'a pas même besoin d'être oxydé en sulfate pour être combinable à la silice.

Le sulfure de fer des Boues Bleues semble incapable de former du silicate de fer; la silice en solution ne doit pas manquer, c'est donc l'Hydrogène sulfuré qui doit empêcher toute réaction entre le sulfure de fer et la silice en solution. Des expériences de laboratoire nous ont également montré que l'Hydrogène sulfuré empêche toute réaction entre le sulfate de fer et le silicate de potasse.

Dans les descriptions des dépôts du *Challenger* nous voyons que beaucoup de Boues Bleues contiennent des moules glauconitiques parfaits et d'autres en voie de formation. Dans la description du matériel de la station 167 (p. 87) nous relevons ce qui suit: "This deposit contains a great many Glauconite grains, which are mostly irregular in form, but would appear to have been at one time perfect casts of Foraminifera and other organisms. In some cases the transition can be traced by microscopic examination." Plus loin dans la description du matériel de la station 209 (p. 103) nous lisons: "This seems to be a green mud in process of formation."

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Nous ne devons pas oublier qu'il n'y a pas de limite marquée entre les Boues Bleues et les Boues Vertes, et que les unes passent aux autres insensiblement comme du reste cela se produit pour tous les dépôts marins. Nous pourrons donc dire avec beaucoup de certitude *que la formation de la Glauconie dans les Boues Bleues dépend de la quantité de matière organique présente dans le dépôt et par là d'Hydrogène sulfuré.* La matière organique est-elle en faible quantité, le sulfure de fer devient combinable ou transformable en sulfate, et nous avons alors une Boue Verte avec grande quantité de moules glauconitiques et de grains de Glauconie.

La Glauconie est presque absente dans les Vases à Globigérines ; sur 118 échantillons du *Challenger*, 13 seulement contiennent ce minéral en de très faibles proportions, à l'exception des stations 140 et 166, *où l'on approche du Continent.* Parmi les analyses de Vases à Globigérines du *Challenger* nous en trouvons 5 seulement avec une relativement forte teneur en oxyde ferrique (variant de 6·16 % à 20·93 %) ; ce sont celles du matériel des stations 12, 16, 17, 293, 176, qui contiennent toutes des nodules de manganèse ou de la palagonite, ce qui nous prouve que le fer s'est déposé sous des conditions tout autres que dans le cas des Boues Bleues.

Comme l'ont fait remarquer Murray et Renard, on ne trouve pas de Glauconie dans les Boues Rouges des côtes du Brézil et de la Mer Jaune où la limonite amenée de l'intérieur des terres par l'Amazone, l'Orinoco et le Yang-tsé-Kiang est en quantité considérable. Ce fait de totale absence de Glauconie est très étonnant, car il y a certainement assez de matière organique dans ces Boues pour produire des réductions ; néanmoins nous ne pourrons expliquer d'une façon satisfaisante l'absence de la Glauconie dans ces dépôts *que lorsque nous pourrons étudier l'eau de mer associée aux dépôts marins, étude qui seule pourra nous renseigner sur les réactions chimiques qui ont lieu au fond de la mer.*

Nous saisissons l'occasion de recommander cette étude aux stations marines et aux expéditions futures en cherche de nouveautés ; le problème sera difficile, il faudra inventer de nouveaux appareils, mais les résultats récompenseront les efforts faits.

En résumé, nous pouvons dire que le fait de la présence ou de l'absence de la Glauconie dans les " dépôts terrigènes " est

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

intimement lié à la faible ou forte présence de matière organique ; cette dernière, comme nous l'avons vu, donnant lieu à d'importantes réactions. Les "dépôts pélagiques" ne contiennent pas de Glauconie parce qu'ils manquent d'un des constituants importants, la potasse.

La Glauconie est donc une caractéristique des dépôts terrigènes en général et des Boues Vertes et Sables Verts en particulier.

Formation de la Glauconie.—Depuis l'explication de la formation de la Glauconie, donnée par Murray et Renard dans le volume des "Deep-Sea Deposits" des Reports du *Challenger* (34), un seul travail traitant de la synthèse de ce minéral est venu enrichir la bibliographie. Il est dû à la plume autorisée de MM. Calderon et Chaves (6) de Madrid, et est intitulé "Contribuciones al Estudio de la Glauconita."

Comme nous l'avons déjà fait remarquer dans un précédent chapitre, ces savants se sont basés sur une analyse de Pisani de Glauconie de Villers sur Mer ; le fer fut dosé entièrement par cet analyste comme *fer ferreux*, comme du reste on le faisait à cette époque où l'on croyait, comme l'a fait remarquer Gümbel, que la couleur verte de la Glauconie impliquait du fer à l'état ferreux.

Basant malheureusement leurs ingénieuses recherches sur cette analyse de Pisani, MM. Calderon et Chaves réussirent à obtenir un silicate ferroso-potassique en faisant réagir du sulfate ferroso-potassique sur du silicate de potasse en présence d'un réducteur. Dans le silicate ainsi obtenu le rapport de l'oxyde ferreux à la silice était de 20·4 à 50·1, ce qui concordait avec l'analyse de Pisani, où ce rapport est de 20·1 à 54·1. Puis partant de l'idée que la Glauconie est un silicate ferroso-potassique nécessitant pour sa conservation l'influence d'un milieu réducteur, ces savants pensent que les agents réducteurs à la faveur desquels la Glauconie s'est formée sont d'une part la matière gélatineuse qui existe en suspension dans l'eau de mer, d'autre part la substance organisée qui existe dans les chambres de foraminifères et d'autres organismes.*

* "Ahora bien ; siendo la Glauconita un silicato de protoxido de origen submarino, necesita indispensablemente para su conservacion la influencia de un medio reductor, que podria ser la substancia sarcodica, mas propicia para seme jante papel que cualquiera otra, enya existencia, ademas, nos serias dificil imaginar. Creemos, por tanto, que la materia gelatinosa qui existe en suspension en las aquas, y sobre todo la substancia organizada misma que

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Comme nous l'avons vu dans le chapitre traitant de la "Composition chimique," la Glauconie des mers actuelles doit être envisagée non comme un silicate ferroso-potassique *mais comme un silicate ferrico-potassique.* La belle synthèse de MM. Calderon et Chaves ne nous parait pas être applicable au cas de la Glauconie des mers actuelles.

Revenons à l'explication donnée par Murray et Renard dans les Reports du *Challenger*: ces auteurs supposent que la matière organique renfermée dans la coquille ainsi que celle que contient la boue transforme l'oxyde de fer en sulfure. Ce sulfure peut être oxydé en hydrate, le soufre étant en même temps mis en liberté serait oxydé en acide sulfurique, que servira à décomposer la fine boue pour former de la silice colloïde. Cette silice pourra alors se combiner avec l'hydrate de fer pour former un silicate.

Une étude très approfondie des différentes espèces de moules recueillis par le *Challenger* nous ont amené à modifier legèrement cette explication fondamentale, en distinguant dans la formation de la Glauconie trois différentes phases:

1. Le premier stade dans la formation de la Glauconie est représente par les moules gris, composés exclusivement d'argile, c.à.d. de silicate d'alumine.

2. Les diverses nuances de moules bruns représentent divers stades dans le remplacement de l'alumine de l'argile par le peroxyde de fer, comme une analyse faite sur des moules bruns nous l'a montré. En outre, ces moules—et nous attirons l'attention sur ce fait—*ne contiennent pas trace de potasse.* Donc le second stade est représenté par un silicate ferrique provenant d'une élimination progressive d'alumine et de son remplacement par de l'oxyde ferrique. Les moules brun clair contiennent encore de l'alumine, les moules bruns en contiennent très peu.

3. Le troisième stade est celui *de la glauconitisation*, si l'on nous passe ce mot, des moules brun foncé. En effet, nous avons décrit au chapitre des "Propriétés physiques" la marche de ce processus; il nous reste maintenant à l'expliquer. Les vrais moules glauconitiques sont un silicate ferrico-potassique hydraté, tandis que

elanaba las camaras de los foraminiferos o las cavidades de otros pequenos seres provistos de esqueleto, hau sido, sire duda alguna, los agentes reductores a favor de los cuales se ha consolidado el silicato de protoxido de hierro y potasio."

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

les moules bruns, comme nous venons de le voir, ne contiennent pas de potasse. *La transformation en Glauconie est par conséquent connexe de l'introduction de la potasse et aussi probablement de l'entrée de l'eau de constitution.*

Tout ce qui vient d'être dit est basé sur des faits d'observation et non sur des vues de l'esprit. Quelles sont les réactions chimiques qui permettent à la potasse de se combiner au silicate ferrique? Nous ne pouvons actuellement que poser la question, car il serait oiseux de fatiguer le lecteur en donnant la liste des essais infructueux faits en vue de transformer des moules bruns en moules verts. Nous devons évidemment tenir compte du facteur *temps*, et peut-être *pression*?

Absence de la Glauconie dans les lacs.—Parmi les différents problèmes qui se présentent dans l'étude des dépôts marins et lacustres, celui de l'absence de la Glauconie dans les boues des lacs n'est pas un des moins intéressants.*

En effet, l'absence de ce minéral ne peut être attribuée ni à une raison bathymétrique, ni à une proportion insuffisante de fer, silice et potasse, ces éléments constitutifs de la Glauconie se trouvant dans l'eau des lacs.

Depuis les belles découvertes de Senft et de Julien, il nous semble que c'est à l'action des acides organiques (créniques, humiques, etc.) que nous devons faire appel.

Julien (25) a montré que des silicates étaient entièrement solubilisés sous forme de sels à radical acide complexe (silico-azo-humate, etc.) *dans l'eau douce* par l'action des dits acides organiques. Il crut pouvoir appliquer cette notion à la formation de la Glauconie (p. 363, *op. cit.*), mais comme l'ont montré Murray et Irvine (35) (p. 240, note), ces acides organiques une fois au contact avec l'eau de mer sont décomposés et précipités.

C'est à la présence des acides du groupe de l'acide humique, depuis longtemps reconnus dans l'eau des lacs, que l'absence de la Glauconie dans les dépôts lacustres nous semble devoir être attribuée.

Comme l'a montré Julien, dans les lacs le fer est soluble quand il est sous forme de silico-azo-humate ou de crénate *ferreux*. Une

* Cette absence de la glauconie dans les lacs est indiscutable depuis les travaux du *Lake Survey of Scotland*, entrepris sous la direction de Sir John Murray et L. Pullar.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

oxydation vient-elle à se produire, le fer est précipité sous forme d'oxyde ferrique ou de limonite, avec production (p. 346, *op. cit.*) d'acide silico-azo-humique soluble et incombinable avec l'oxyde ferrique précipité.

Le fer en solution dans l'eau, grâce à la présence des acides organiques, ne peut donc se combiner à la silice pour donner un silicate ferrique, étant par oxydation immédiatement précipité à l'état d'oxyde. Les dépôts ochreux du Loch Ness que nous avons eu l'occasion d'étudier nous paraissent devoir être attribués à cette cause.

V. La Glauconie et les Concrétions phosphatées.

Comme nous l'avons montré dans notre étude des "Concrétions phosphatées de l'Agulhas Bank" (11), la Glauconie est souvent associée aux concrétions phosphatées.

La Glauconie et les concrétions phosphatées se forment actuellement sur le fond des mers, existe-t-il une relation entre ces deux formations au point de vue de leur genèse? Cette question se pose naturellement quand on étudie les dépôts marins, et nous croyons être maintenant en mesure d'y répondre négativement.

Les concrétions phosphatées sont pour ainsi dire l'image du fond dans lequel on les rencontre, ce qui prouve bien leur formation in situ. Ce fond est-il un Sable Vert, comme dans le cas de l'Agulhas Bank, les concrétions phosphatées contiendront de la Glauconie en grande abondance; est-il une Boue à Globigérines formée non loin du continent mais en eau profonde (3475 mètres pour un des échantillons du *Challenger*), la concrétion sera entièrement formée de Globigérines avec minéraux détritiques mais sans Glauconie.

Comme le Dr Lee (11) l'a montré, la Glauconie apparait dans les concrétions phosphatées sous deux états différents: 1°, à l'état de grains arrondis à contours tranchés qui font partie du nodule au même titre que le Quartz et les autres minéraux, c.à.d. ont été formés avant la formation du nodule; 2°, à l'état de pigment, ce dernier étant manifestement postérieur au dépôt des autres minéraux.

Cette Glauconie pigmentaire doit provenir d'un brassage du dépôt, brassage qui a occasionné la pulvérisation des grains de Glauconie. Ce brassage du fond peut être causé par un courant, c'est à dire qu'il n'est pas nécessaire de faire intervenir une force

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

très grande, car il ne faut pas oublier que la Glauconie actuelle s'écrase facilement sous l'ongle. La Glauconie ainsi pulverisée en particules microscopiques peut être tenue en suspension dans l'eau, et les conditions de mouvement venant à s'arrêter elle pourra être précipitée sur le fond ou remplira des fissures de concrétions. Un excellent exemple de ce mode de formation nous est donné dans une des concrétions de l'Agulhas Bank (voir fig. 3 et p. 870, *op. cit.*), où nous voyons une ligne noire de $\frac{1}{2}$ mm. d'épaisseur qui n'est autre qu'un dépôt de Glauconie pigmentaire, comme l'ont prouvé nos dernières recherches.

Le Dr Collet (11) faisait remarquer l'an dernier que la partie brillante et non recouverte d'organismes des concrétions phosphatées devait se trouver dans la vase, tandis que la partie recouverte d'organismes et de couleur grise était exposée dans l'eau. Quelques unes d'entre les grosses concrétions des stations 11 et 12 étaient entièrement recouvertes d'organismes, ce qui prouverait non que ces grosses concrétions aient été changées de place sur le fond de la mer, *mais plutôt un changement dans le niveau du fond, changement qui peut provenir de l'action plus ou moins forte des courants.*

Les concrétions phosphatées de l'Agulhas Bank nous autorisent donc à admettre l'idée d'un brassage du fond ayant occasionné la pulvérisation de la Glauconie en grains.

M. Gosselet, dans son intéressant mémoire sur "La Sédimentation de la Craie" (18), fait remarquer que la couleur verte des bancs durcis et des galets est due à de la Glauconie. "Ce n'est pas, comme on pourrait le croire, un simple placage à la surface du calcaire. La Glauconie pénètre dans la roche jusqu'à une certaine profondeur," écrit ce dernier auteur.

Plus loin ce savant fait remarquer l'analogie de l'enveloppe glauconieuse avec le vernis brun phosphaté des nodules roulés de la craie dure dans la craie phosphatée, et admet que l'un et l'autre ont pris naissance pendant le roulis par les courants.

Il nous parait exister une certaine relation entre l'enduit glauconitique des bancs durcis de M. Gosselet et la Glauconie pigmentaire de certaines concrétions phosphatées, Glauconie qui, comme nous l'avons démontré, est le résultat d'un brassage ou d'un roulis dû à des courants.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Nous ne voulons pas terminer ce chapitre sans relever cette phrase importante de M. Gosselet dans son mémoire sur les "Observations géologiques faites dans les Exploitations de Phosphate de Chaux" (19): "Or les couches de craie phosphatée sont au milieu de la craie blanche ; elles alternent avec les couches de craie blanche, elles passent latéralement à la craie blanche. La conséquence logique est que la craie blanche n'est pas un dépôt de mer profonde. C'est une conclusion importante, si on songe que l'idée de voir dans la craie un dépôt de mer profonde, est un des arguments en faveur de l'instabilité des continents et contre la permanence des océans."

Nos études des concrétions phosphatées et de la Glauconie des mers actuelles nous permettent de confirmer les thèses de M. Cayeux (8) et de M. Gosselet sur la question si discutée de la formation de la Craie.

Des dépôts renfermant des concrétions phosphatées et de la Glauconie ne sont pas des dépôts de mer profonde.

VI. Distribution de la Glauconie dans les Mers actuelles.

En 1856 Bailey, après une étude des échantillons collectés par le Comte Pourtales le long de la côte atlantique de l'Amérique du Nord, fut le premier à faire remarquer que la Glauconie se formait actuellement en plusieurs endroits sur le fond des mers actuelles.

De 1873 à 1876 le *Challenger* trouva de la Glauconie dans les dépôts de mers profondes (deep-sea deposits), et Murray et Renard (34), dans leur célèbre volume des "Reports" du *Challenger*, indiquèrent la répartition de cet intéressant minéral dans les dépôts des mers actuelles.

Nous trouvons en effet la Glauconie dans les Boues Bleues (Blue Muds), les Boues Vertes (Green Muds), les Sables Verts (Green Sands), qui appartiennent à ce que Murray et Renard ont appelé les Dépôts Terrigènes (Terrigenous Deposits) formés dans des eaux profondes en dehors de la ligne de 100 fathoms (183 mètres). La Glauconie fut également rencontrée dans les Boues à Globigérines, mais en faible quantité, car sur 118 échantillons du *Challenger* 13 seulement contenaient de la Glauconie.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

(a) *Glauconie dans les Boues Bleues.*

Murray et Renard appelèrent Boue Bleue, un dépôt qu'on rencontre en eau profonde entourant le continent. La couleur bleue est due à la présence de matière organique et de sulfure de fer.

On trouve la Glauconie dans les Boues Bleues sous deux aspects différents: à l'état de moules (casts) d'organismes calcaires et à l'état de grains parmi les particules minérales.

La loi suivante peut être formulée: La Glauconie est généralement présente dans les Boues Bleues, *mais ne peut en aucune façon en être considérée comme caractéristique*, étant en quantité minime comparativement à celle des Boues Vertes et des Sables Verts.

Il serait trop long d'énumérer ici chaque point où la Glauconie a été trouvée dans des Boues Bleues, mais nous dirons néanmoins qu'elle fut rencontrée associée à des concrétions phosphatées dans les draguages du *Challenger* entre les îles Falkland et le Rio de la Plata. Ce minéral fut également trouvé à quatre stations différentes dans des Boues Bleues à proximité des glaces antarctiques (env. 65° S.), et Sir John Murray (32) écrivait en 1894: "Its presence in the Blue Muds of the far south is therefore most suggestive of an Antarctic Continent."

Parmi les boues collectées par la récente expédition écossaise de la *Scotia* (39), la Glauconie est rare et se trouve seulement à l'état de moules de foraminifères.

Dans les échantillons de boues envoyées à Sir John Murray (33) par le Prof. N. Andrusson, collectées dans la Mer Noire par les expéditions russes en 1890 et 1891, *il n'y avait pas trace de Glauconie.*

Nous discuterons plus tard l'importante question de la présence et de l'absence de la Glauconie dans certains dépôts.

(b) *La Glauconie dans les Boues Vertes et les Sables Verts.*

La Glauconie en grains et en moules d'organismes calcaires est la matière caractéristique des Boues Vertes et des Sables Verts. On rencontre aussi dans ces dépôts une matière amorphe verte, organique car elle devient noire après avoir été chauffée sur la lame de platine et laissant ensuite une cendre colorée en brun par de l'oxyde de fer.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Les Sables Verts diffèrent des Boues Vertes par leur aspect granuleux, dû à une plus petite quantité de matière amorphe; généralement on les rencontre dans des eaux moins profondes que les boues. Le tableau suivant donne une idée de la différence qui existe entre les Boues Bleues, les Boues Vertes et les Sables Verts.

COMPOSITION MOYENNE DES BOUES BLEUES, DES BOUES ET SABLES VERTS. D'APRÈS MURRAY ET RENARD.

		Boues Bleues.		Boues Vertes.		Sables Verts.	
Carbonate de Chaux.	Foraminifères pélagiques	7·52		14·59		21·00	
	Espèces vivant sur le fond	1·75		2·94		15·00	
	Autres organismes .	3·21	12·48	7·99	25·52	13·78	49·78
Résidu	Organismes siliceux .	3·27		13·67		8·00	
	Minéraux . . .	22·48		27·11		30·00	
	Partie fine (fine washings)	61·77	87·52	33·70	74·48	12·22	50·22
			100·		100·		100·

Les Boues Vertes et les Sables Verts sont presque toujours développés le long des côtes escarpées et exposées, où aucun grand fleuve n'apporte des matières détritiques dans la mer, à une profondeur n'excédant généralement pas 2000 *mètres.*

Quand il y a une grande quantité d'hydrate ferrique dans un dépôt, comme le long des côtes du Brézil, ou quand les dépôts sont principalement formés d'éléments détritiques fluviatiles, la Glauconie est généralement absente ou très rare.

Depuis l'expédition du *Challenger*, presque toutes les collections de dépôts rapportées par les expéditions ou les bateaux de différents Services ont été examinées au *Challenger* Office, sous la direction de Sir John Murray, par MM. James Chumley et Robert Dykes; il nous parait utile de dire quelques mots sur la distribution actuelle des Boues Vertes et des Sables Verts, attendu que nous disposons de documents entièrement inédits.

Océan Atlantique Nord.

1873. Le *Challenger* (34) trouva des Boues Vertes et des Sables Verts le long des côtes du Portugal et de l'Espagne du

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

point lat. 38° 31′ N., long. 9° 31′ W., au point lat. 36° 25′ N., long. 8° 12′ W. Ils proviennent, sauf deux exceptions, de profondeurs inférieures à 1000 fathoms (1830 mètres).

1880. Les mêmes formations furent rencontrées par le U.S. Coast Survey Steamer *Blake* (1) le long de la côte des Etats Unis entre le Cap Hatteras et la latitude 31° 48′ N., à une profondeur variant de 91 à 183 mètres ; c'est à dire sur le bord continental du Gulf Stream sur la ligne de séparation entre les sables siliceux et les fonds calcaires, à l'endroit où le courant était le moins rapide.

Ça et là ces mêmes Sables Verts furent dragués en eau plus profonde sous le courant même. Nous trouvons associés avec ces dépôts des nodules de manganèse et des concrétions phosphatées. Un autre gisement fut trouvé par le *Blake* au point lat. 21° 2′ N., long. 74° 44′ W., devant Cayo de Moa, à une profondeur de 2842 mètres.

1883. Le S.S. *Dacia*, croisant dans l'Atlantique Nord, dragua ces mêmes dépôts au point lat. 31° 48′ 30″ N., long. 10° 5′ W., par 400 mètres.

1886. Le S.S. *Buccaneer* trouva des Sables Verts le long de la côte occidentale de l'Afrique aux points suivants : lat. 6° 9′ N., long. 10° 55′ W., par 82 mètres ; et lat. 5° 5′ 6″ N., long. 4° 00′ 7″ W., par 121 mètres.

Océan Indien.

1887. Comparativement aux autres océans, l'Océan Indien a été étudié beaucoup plus tard, et les premières collections de dépôts furent faites par le Capitaine J. P. Maclear, R.N., à bord de H.M.S. *Flying Fish* (29). Des Boues Vertes et Sables Verts furent collectés aux points suivants :

Prof.	Lat. S.	Long. E.
631 m.	10° 42′	124° 52′
1500 m.	10° 33′	124° 13′
1027 m.	11° 7′	121° 52′
1531 m.	11° 5′	121° 50′
2652 m.	7° 3′	103° 1′
3512 m.	7° 3′	102° 1′

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

1889. En cette année de nombreuses adjonctions furent faites à nos connaissances des dépôts de cet Océan par les collections rapportées par le Capitaine Pelham Aldrich du H.M.S. *Egeria* (30), et par le Capitaine A. Carpenter du H.M.S. *Investigator*. Les collections de dépôts faites à bord des bateaux posant des câbles le long de la côte orientale d'Afrique ont été également étudiées au *Challenger* Office, et nous pouvons maintenant donner une idée assez juste de la distribution des dépôts à Glauconie dans cet Océan en disant qu'on les rencontre le long de la côte E. d'Afrique, le long des côtes W. et S. d'Australie, à une profondeur généralement inférieure à 1830 mètres (1000 fathoms).

Agulhas Bank.

1873. La Glauconie est très remarquablement représentée dans les dépôts de l'Agulhas Bank, comme cela a été démontré par Murray et Renard.

1875. L'expédition allemande de la *Gazelle* rencontra les mêmes formations sur ce même point.

1898–99. L'expédition récente de la *Valdivia* rapporta de l'Agulhas Bank des Sables Verts et des concrétions phosphatées.

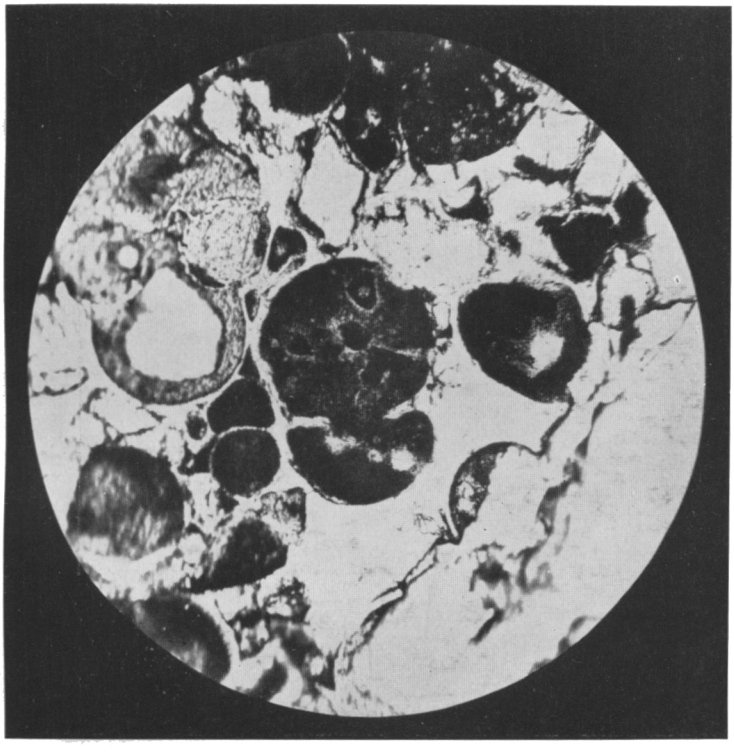
L'an dernier nous avons décrit une importante collection de Concrétions phosphatées provenant de dépôts dragués sur l'Agulhas Bank par les bateaux du "Department of Agriculture of the Cape of Good Hope," prouvant que la Glauconie et les concrétions phosphatées sont également distribuées sur toute l'étendue du banc en dehors de la ligne de 100 fathoms (183 mètres).

Océan Pacifique.

1873. Le Commandant Geo. E. Belknap trouva des Boues Vertes et des Sables Verts tandis qu'il étudiait la côte W. de l'Amérique du Nord à bord du U.S.S. *Tuscarora*. Les collections furent envoyées à Sir John Murray et furent étudiées à nouveau de 1899–1901 au *Challenger* Office. Parmi ces collections nous trouvons 4 échantillons de Boues Vertes et 26 échantillons de Sables Verts provenant de 30 stations différentes du point lat. 44° 54′ N., long. 125° 13′ W., au point lat. 32° N., long. 118° 26′ W., à des profondeurs inférieures à 1830 mètres.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

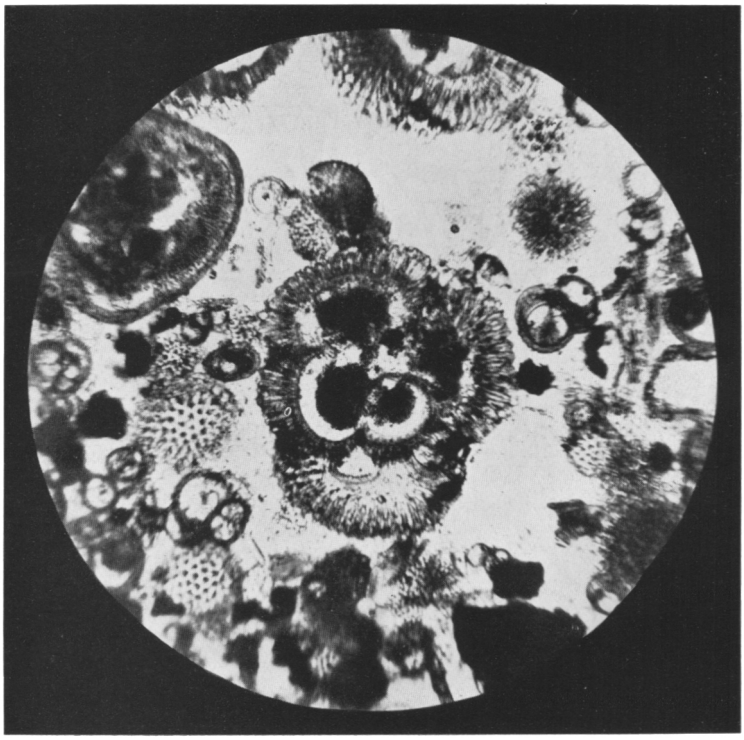
PLATE I.



Sable vert recueilli par le *Challenger* à la Station 154 par 750 m. Le centre de la figure est occupé par un moule glauconitique contenant des inclusions opaques.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

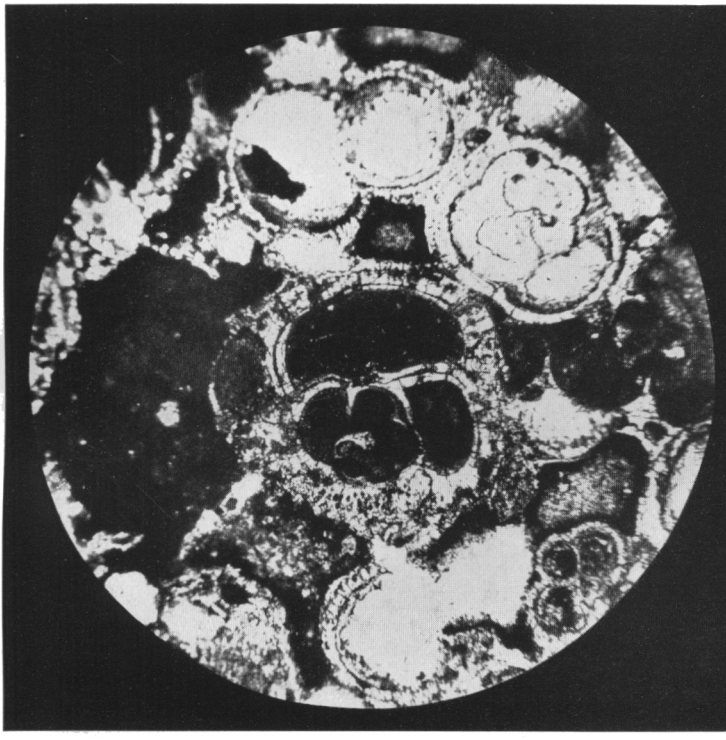
PLATE II.



Boue à Globigérines provenant de la Station 176 (*Challenger*). La coquille occupant le centre de la figure est en partie remplie par une matière argileuse brune, et constitue un moule imparfait.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

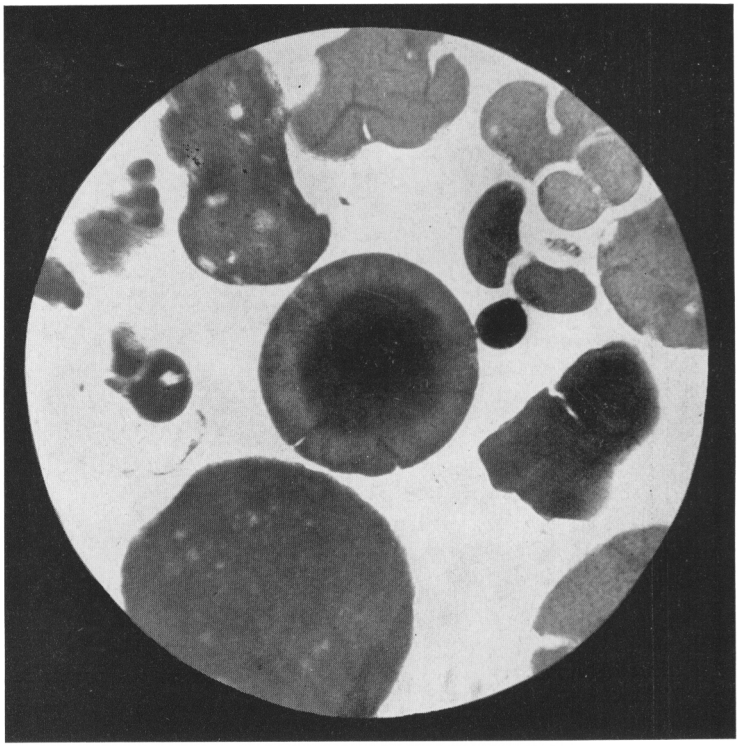
PLATE III.



Le moule occupant le centre de la figure est brun foncé, mais ses contours, c.à.d. la partie en contact avec la coquille, montrent un mince liseré de Glauconie. En outre les taches noires qui criblent la calcite de la coquille, sont vertes en lumière naturelle et sont formées de Glauconie typique. (Station 164.)

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

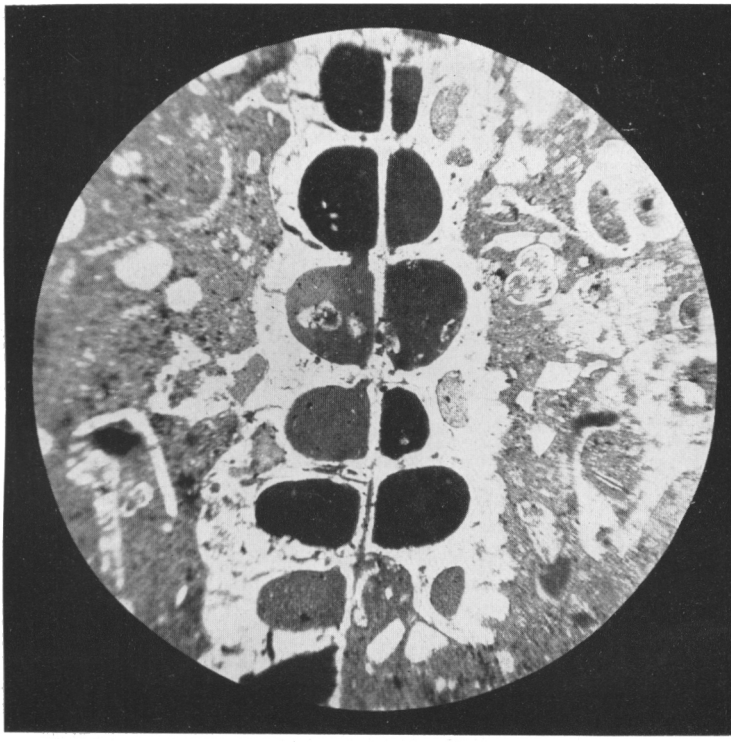
PLATE IV.



Moules glauconitiques lavés à l'acide. Celui du centre de la figure contient encore un noyau brun de silicate de fer amorphe ; les autres sont parfaits, et certains d'entre eux renferment des inclusions de quartz et autres minéraux (Station 164, *Challenger*.)

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

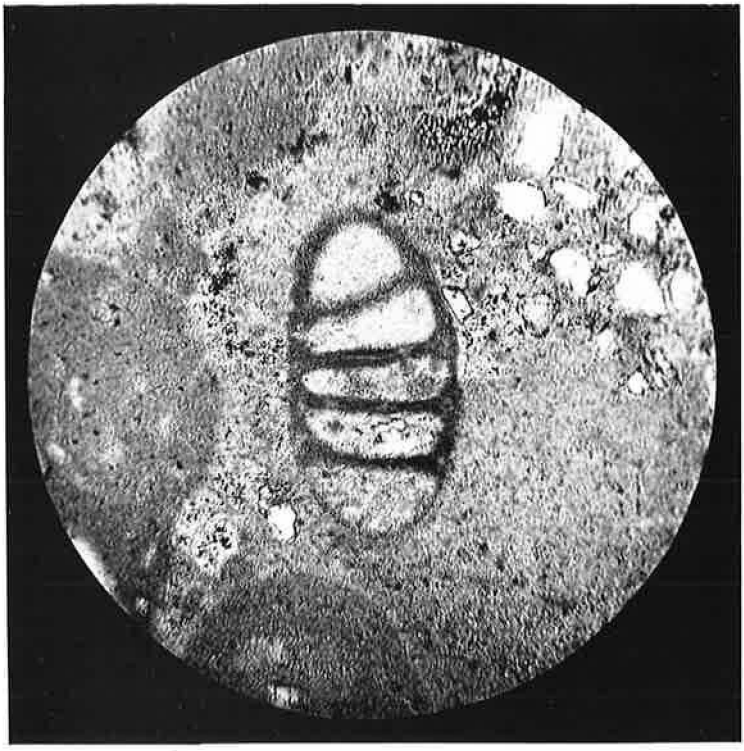
PLATE V.



Dans cette coquille (grossissement = 74 diam.) les loges de couleur claire sont glauconitiques, tandis que les autres, brun-foncé, ne montrent pas encore de transformation en Glauconie. Ce moule est contenu dans un nodule phosphaté de l'Agulhas Bank.

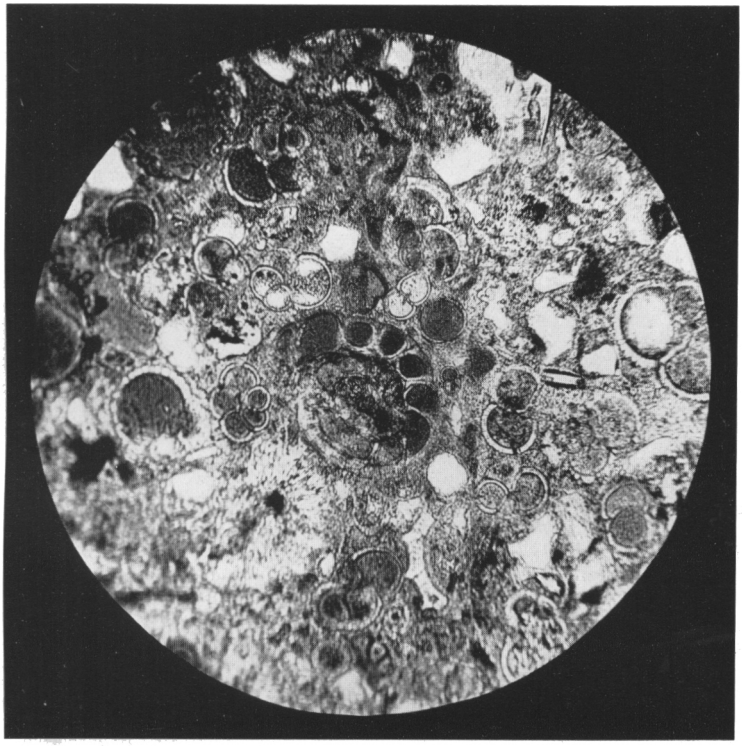
Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

PLATE VI.



Nodule phosphaté dont le ciment est teinté en vert-clair par de la Glauconie pigmentaire. La calcite de la coquille au centre de la figure a disparu, remplacée par de la Glauconie épigénique.

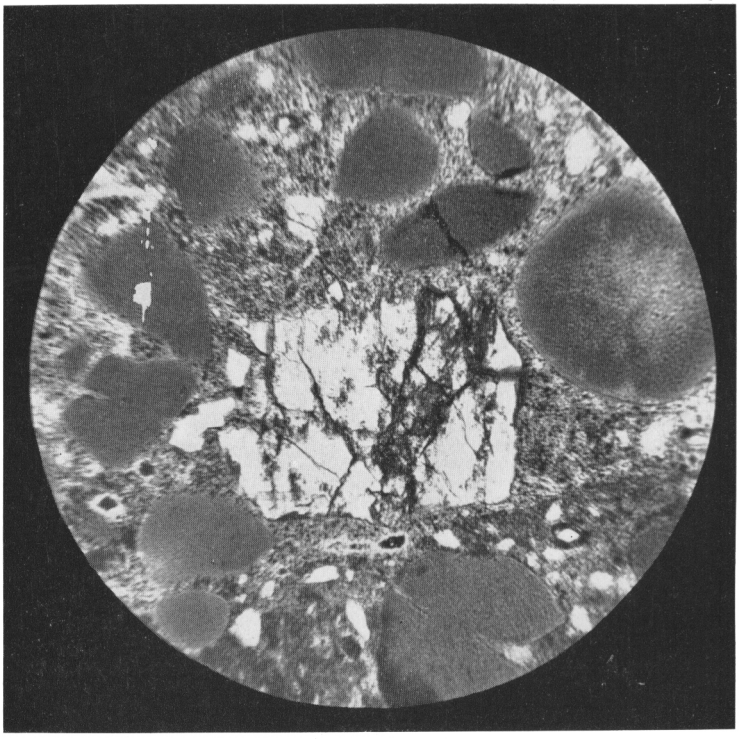
PLATE VII.



Nodule phosphaté. La ciment est teinté en vert par de la Glauconie pigmentaire et se propage à l'intérieur de coquilles de Foraminifères, constituant ainsi de faux moules.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

PLATE VIII.



Exemple de Glauconie épigénisant un grain de quartz, au sein d'un nodule phosphaté.

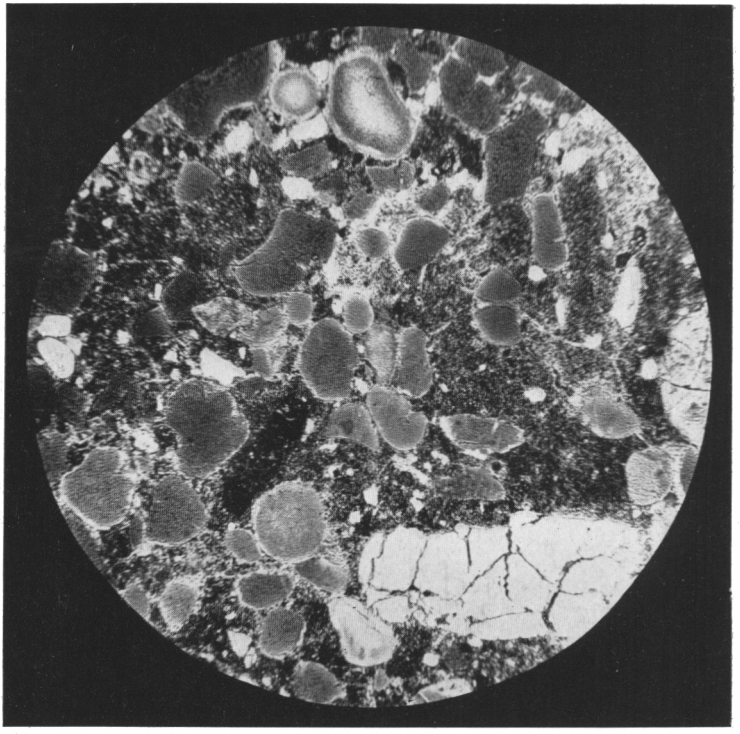
Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

PLATE IX.

Au centre de la figure, section de coquille dont la calcite est pseudomorphosée par une matière ferrugineuse amorphe.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

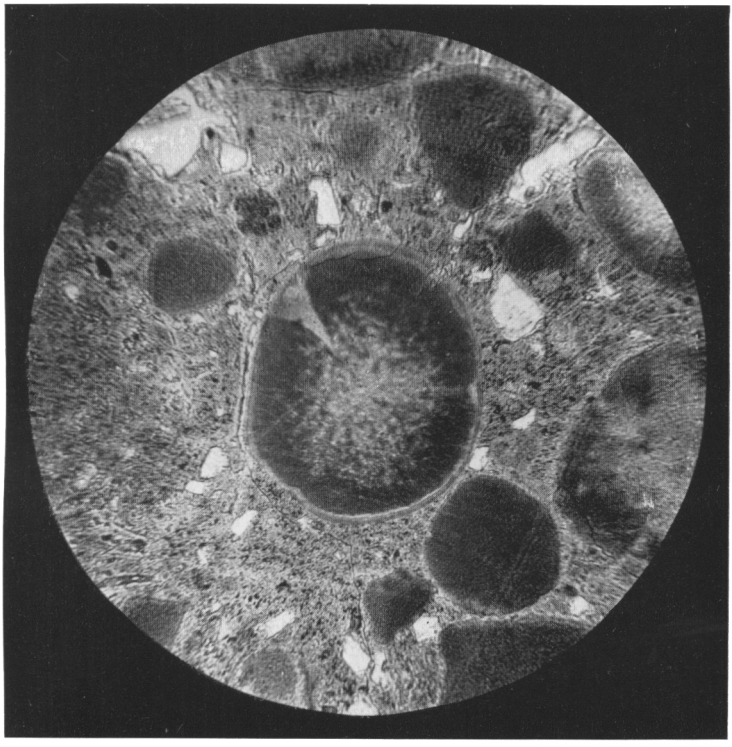
PLATE X.



Aspect général des grains de Glauconie dans un nodule phosphaté.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

PLATE XI.



Nodule phosphaté. Grain de Glauconie à centre plus pâle que la masse générale, et entouré d'une zône externe isotrope.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

PLATE XII.

Exemple de différenciation chez la Glauconie. La partie interne du grain au centre de la figure est cryptocristalline, tandis que la zône externe est fibro-radiée et a une orientation optique unique. Crétacé d'Antrim (Irlande).

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Trois échantillons provenant des stations suivantes sont particulièrement intéressants :

Prof. 774 m. Lat., 39° 02′ N., long., 124° 09′ W.
„ 232 m. „ 39° N., „ 124° W.
„ 317 m. „ 38° 32′ N., „ 123° 24′ W.

Ils sont presque totalement composés de grains de Glauconie avec quelques foraminifères et quelques minéraux, spécialement du Quartz. Sans aucun doute ce sont les spécimens les plus purs de Sables Verts qui aient été jamais trouvés, s'ils se trouvent bien à l'état dans lequel ils furent dragués ; il se pourrait que les échantillons aient été passés au tamis avant d'avoir été envoyés. Quoiqu'il en soit, ce matérial étant si pur nous en avons fait une étude très détaillée, comme on le verra plus loin.

1874. Le *Challenger* dragua des Sables Verts devant Sydney à 6 stations différentes. Puis il rencontra les mêmes formations entre Cape York et Arrou Island aux points suivants :

Lat. 9° 36′ S., long. 137° 50′ E.
„ 8° 56′ S., „ 136° 5′ E.

De Arrou Island au Japon des Boues Vertes furent collectées à une station dans la mer d'Arafura et à 2 stations aux points suivants :

Lat. 5° 41′ S., long. 134° 4·3′ E.
„ 5° 26′ S., „ 133° 19′ E.

entre Arrou Island et Banda. De Samboangan à Manille à 3 stations :

Lat. 12° 43′ N., long. 122° 9′ E.
„ 12° 46′ N., „ 122° 10′ E.
„ 9° 26′ N., „ 123° 45′ E.

les mêmes dépôts furent dragués.

Le long de la côte du Japon, la Glauconie fut trouvée dans les Boues Vertes à 4 stations et pour la dernière fois dans le Pacifique par le *Challenger*, car la Glauconie n'a jamais été trouvée dans les grands fonds au milieu de cet Océan.

1878. Le U.S.S. *Tuscarora* trouva de nouveau la Glauconie à une station lat. 23° 35′ N., long. 111° 57′ W., par 908 mètres.

1882–83. Le U.S.S. *Enterprise* rencontra ces mêmes dépôts près la Chatham Island dans le Sud.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core, University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

1889. Lorsque A. Agassiz (2) étudiait la côte W. de l'Amérique du Nord à bord de U.S.S. *Albatross*, il dragua des Boues Vertes avec de nombreux moules de Glauconie au point lat. 31° 3′ 30″ N., long. 117° 40′ 15″ W., par 1566 mètres. Ce nouveau point situé entre les deux sondages extrêmes sud du *Tuscarora*, semble montrer que les Sables Verts s'étendent sur la côte W. de l'Amérique du Nord de la lat. 44° 54′ à la lat. 23° 35′ N.

1891. Etudiant la côte W. de l'Amérique Centrale, A. Agassiz, toujours à bord de l'*Albatross*, trouva 2 gisements de Sables Verts devant Mariato Point, non loin de la côte aux points suivants: lat. 6° 35′ N., long. 81° 44′ W., par 914 mètres; et lat. 6° 30′ N., long. 81° 44′ W., par 1280 mètres.

1896. Le H.M.S *Dart* dragua de semblables formations sur la côte E. d'Australie aux points suivants: lat. 23° 6′ 30″ S., long. 152° 16′ 30″ E., par 145 mètres; et lat. 23° 9′ 40″ S., long. 152° 19′ E., par 165 mètres.

1901. Le S.S. *Britannia* dragua des Boues Vertes à 2 stations au nord de la Nouvelle Zélande: lat. 34° 36′ 32″ S., long. 173° 35′ 37″ E., par 329 mètres; et lat. 54° 31′ 42″ S., long. 173° 34′ 30″ E., par 307 mètres.

1904. Comme les échantillons de Sables Verts collectés en 1891 par A. Agassiz (3) à bord de l'*Albatross* furent perdus, deux draguages furent faits sensiblement aux mêmes points, et les Sables Verts furent retrouvés.

Pour être complet il nous faut citer les localités où le U.S.S. *Nero* (16) trouva des Boues Vertes, tandis qu'il étudiait la route pour la pose d'un câble entre les Etats Unis, les Philippines et le Japon. Plusieurs des déterminations comme Boues Vertes du *Nero* nous paraissent être en désaccord avec la description type donnée par Murray et Renard, et nous semblent devoir être attribuées à des Boues Bleues.

Ces dépôts furent dragués à Dingola Bay (Luzon) à 14 stations différentes à des profondeurs variant de 188 mètres à 4272 mètres? Devant Yokohama, à 21 stations différentes; toutes, sauf 5, en dessous de 1800 mètres. Ces dernières localités se rapprochent de celles où le *Challenger* en 1874 dragua les mêmes formations.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Méditerranée.

D'après Sir John Murray (31) la Glauconie a été trouvée à de grandes profondeurs dans la Méditerranée à l'état de grains et de moules de foraminifères.

En 1901 S.A.S. le Prince de Monaco, à bord de la *Princesse Alice*, dragua devant la côte du Maroc à la station suivante : lat. 33° 59′ 30″ N., long. 10° 33′ W., par 851 mètres, ce que le Prof. Thoulet appelle : Vase sableuse très calcaire glauconieuse.

Aujourd'hui d'après ce que nous savons nous pouvons dire que la Glauconie est représentée en grande quantité dans ce que Murray et Renard ont appelé les Boues Vertes et les Sables Verts, et dans les localités suivantes : le long des côtes de la Caroline et de la Floride sur les bords des Boues Bleues ; le long des côtes du Portugal et de l'Espagne ; le long des côtes S. et E. d'Afrique ; le long des côtes W., S. et E. d'Australie ; dans quelques mers de l'Archipel Indien ; le long de la côte E. du Japon ; le long de la côte W. de l'Amérique du Nord ; le long de la côte W. de Chatham Island ; en quelques points sur la côte W. d'Afrique.

"Challenger" Office,
Edinburgh, *Mai* 1906.

Liste des Ouvrages consultés.

(1) Agassiz, Alexander, "Three Cruises of the *Blake*," *Bull. Mus. Comp. Zool., Cambridge, U.S.A.*, vol. xiv., 1888.

(2) Agassiz, Alexander, "General Sketch of the Expedition of the *Albatross* from February to May 1891," *Bull. Mus. Comp. Zool., Cambridge, U.S.A.*, vol. xxiii., No. 1, 1892.

(3) Agassiz, Alexander, "On the Progress of the *Albatross* Expedition to the Eastern Pacific," *Am. Jour. of Scien.*, vol. xix., Feb. 1905.

(4) Bailey, J., "On the Origin of Greensand and its Formation in the Oceans of the Present Epoch," *Am. Jour. Sc.*, 2ième S., vol. xxii., 1856 ; et *Proc. Boston Soc. of Nat. Hist.*, vol. v., 1856.

(5) Bischof, G., *Elements of Chemical and Physical Geology*, vol. iii., 1859.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

(6) CALDERON, S., et CHAVES, F., "Contribuciones al Estudio de la Glauconita," *An. Soc. espan. de Hist. Nat.*, vol. xxiii., t. iii., Madrid, 1894.

(7) CAYEUX, L., "Notes sur la Glauconie," *An. Soc. Géol. Nord.* t. xx. p. 380, Lille, 1892.

(8) CAYEUX, L., *Contribution à l'Etude micrographique des Terrains sédimentaires*, Lille, 1897.

(9) CHAVES, F., "Contribuciones a la Sintesis de los Silicatos ferriferos por via humeda," *An. Soc. espan. de Hist. Nat.*, vol. xxiv., Actas, p. 157, Madrid, 1895.

(10) CHAVES, F., "Estudio sobre las pseudomorfosis de proceso quimico," *An. Soc. espan. de Hist. Nat.*, t. xxviii., Madrid, 1899.

(11) COLLET, L. W., et LEE, G. W., "Les Concrétions phosphatées de l'Agulhas Bank, avec une note sur la Glauconie qu'elles contiennent," *Proc. Roy. Soc. Edin.*, vol. xxv., part x., 1905.

(12) CORSE and BASKERVILLE, *Am. Ch. J.*, xiv. 627, 1892.

(13) DANA, *The System of Mineralogy*, sixth edition.

(14) DANA, First Appendix of the sixth edition of Dana's *System of Mineralogy.*

(15) DELESSE, *Lithologie des Mers de France et des Mers principales du Globe*, Paris, 1871.

(16) FLINT, J. M., "A Contribution to the Oceanography of the Pacific," *Bull. U.S. National Mus.*, No. 55, Washington, 1905.

(17) GLYNKA, K., *Der Glaukonit, seine Entstehung, sein chemischer Bestand und die Art und Weise seiner Verwitterung*, St Pétersbourg, 1896.

(18) GOSSELET, J., "Observations sur la sédimentation de la Craie," *An. Soc. Géol. Nord*, t. xxxi., p. 63, Lille, 1902.

(19) GOSSELET, J., "Observations géologiques faites dans les exploitations de phosphate de chaux en 1901," *An. Soc. Géol. Nord*, t. xxx. p. 208, Lille, 1901.

(20) GÜMBEL, V., "Ueber de Natur und Bildungsweise des Glaukonits," *Sitz. d. Math. Phys. Clas. d. k. Akad. Wiss. München*, 1886.

(21) GÜMBEL, V., "Ueber die Grünerde von Monte Baldo," *Sitz. Ber. A. K. München*, xxvi. 545, 1896.

(22) HEDDLE, "Chapters on the Mineralogy of Scotland," *Trans. Roy. Soc. Edin.*, vol. xxix., part i., 1878–79.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

(23) Hoskins, A. Percy, "On Glauconite from Antrim," *Geol. Mag.*, July 1895.

(24) Irving, A., "Organic Matter as a Geological Agent," *Proc. Geol. Assoc.*, vol. xii., 1892.

(25) Julien, A., "On the Geological Action of the Humus Acids," *Proc. Amer. Assoc. Adv. of Sc.*, vol. xxviii., 1879.

(26) Lacroix, A., *Minéralogie de la France et de ses colonies*, 1893.

(27) Murray, John, "Report on the Specimens of Bottom Deposits," *Bull. Mus. Comp. Zool., Cambridge, U.S.A.*, vol. xii., No. 2, 1885.

(28) Murray, John, "On Seas and Estuaries about North Britain," *Phil. Soc. Glasgow*, 1886.

(29) Murray, John, "On some Recent Deep-Sea Observations in the Indian Ocean," *Scot. Geog. Mag.*, Nov. 1887.

(30) Murray, John, "On Marine Deposits in the Indian, Southern, and Antarctic Oceans," *Scot. Geog. Mag.*, Aug. 1889.

(31) Murray, John, "The Maltese Islands, with special reference to their Geological Structure," *Scot. Geog. Mag.*, vol. vi. p. 449, 1890.

(32) Murray, John, "The Renewal of an Antarctic Exploration," *Geog. Jour.*, Jan. 1894.

(33) Murray, John, "On the Deposits of the Black Sea," *Scot. Geog. Mag.*, Dec. 1900.

(34) Murray and Renard, *Deep-Sea Deposits. Challenger* Reports, 1891.

(35) Murray, John, and Irvine, Robert, "On Silica and Siliceous Remains of Organisms in Modern Seas," *Proc. Roy. Soc. Edin.*, vol. xviii., 1891.

(36) Murray, John, and Irvine, Robert, "On the Chemical Changes which take place in the Composition of the Sea-water associated with Blue Muds on the Floor of the Ocean," *Trans. Roy. Soc. Edin.*, vol. xxxvii., part ii., 1893.

(37) Natterer, C., "Chemisch-geologische Tiefsee Forschung," *Geog. Zeit.*, V. Jahrg., Leipzig, 1899.

(38) Peake, R. E., and Murray, Sir John, "Deep-Sea Sounding Expedition in the North Atlantic during the Summer of 1899," Supp. Paper of the *Geog. Jour.*, 1901.

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

(39) PIRIE, J. H. HARVEY, "Deep-Sea Deposits of the South Atlantic Ocean and Weddell Sea," *Scot. Geog. Mag.*, vol. xxi., 1905.

(40) SPURR, J. E., "The Iron-bearing Rocks of the Mesabi Range," *Geol. and Nat. Hist. Surv. of Minnesota*, Bull. No. X., Minneapolis, 1894.

(41) TIZARD and MURRAY, JOHN, "Exploration of the Faroe Channel during the Summer of 1880 in H.M.S. hired ship *Knight Errant*," *Proc. Roy. Soc. Edin.*, May 1882.

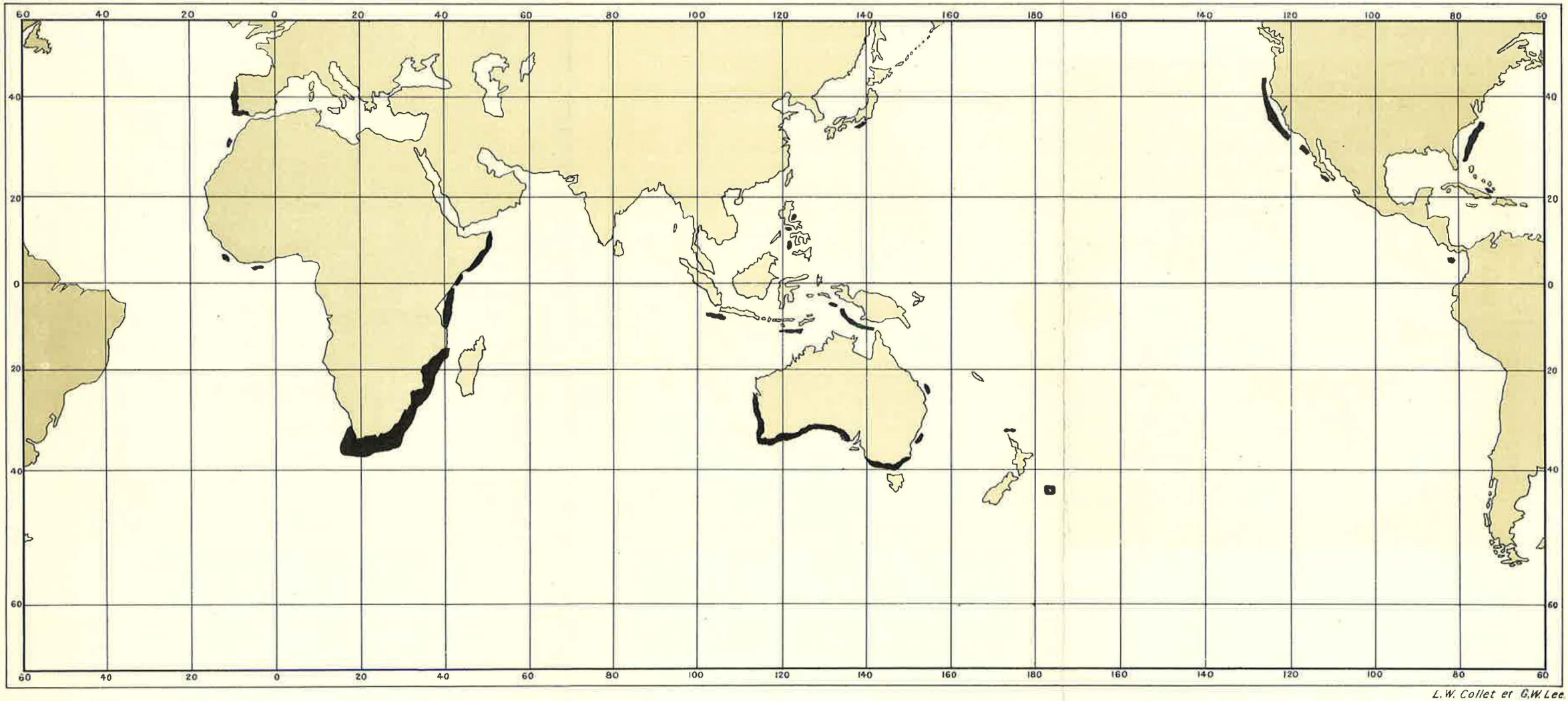
(42) THOULET, J., *Echantillons d'eaux et de fonds provenant des campagnes de la "Princesse-Alice." Camp. Prince Albert I*er, fas. xxii., Monaco, 1902.

(43) ZIRKEL, *Lehrbuch der Petrographie*, 1894.

(*Issued separately August* 30, 1906.)

Downloaded from https://www.cambridge.org/core. University of Geneva, on 10 Jul 2020 at 09:51:07, subject to the Cambridge Core terms of use, available at https://www.cambridge.org/core/terms.
https://doi.org/10.1017/S0370164600024573

Distribution de la Glauconie.



L.W. Collet et G.W. Lee.

Boues Vertes et Sables Verts