

ETUDE DE SÉDIMENTS ET FRAGMENTS DE ROCHES DRAGUÉS SUR LE BANC PORCUPINE ET A SES ABORDS (ATLANTIQUE DU NORD-EST)

par Léopold BERTHOIS et André GUILCHER

I. - INTRODUCTION

1° *Localisation. Topographie générale. Etat antérieur des connaissances.*

Le banc Porcupine, dont la partie la plus élevée est couverte de moins de deux cents mètres d'eau et située à environ 125 milles dans l'ouest de Slyne Head (Connemara, Irlande de l'ouest) est un élément de ce qu'on peut appeler, en généralisant une expression en usage pour la Californie méridionale, le *continental borderland* de l'Europe du nord-ouest. C'est, en effet, le plus méridional d'une série de bancs dont certains sont fort éloignés des terres émergées et souvent séparés d'elles par des profondeurs de plusieurs centaines de brasses : bancs Rockall, Bligh, Lousy, Rosemary, des Faroë (HILL, 1956 ; ROBINSON, 1952).

Le banc Porcupine lui-même, est pourtant soudé à l'Irlande, dans sa partie NE, par un large pédoncule de moins de 200 brasses de profondeur. Mais, dans le SE, il est bien individualisé de la plateforme continentale européenne par la « baie » Porcupine, grande *indentation* à forme d'auge, où la profondeur excède 1 000 brasses.

La topographie du banc Porcupine, telle qu'elle ressort des travaux antérieurs et des nôtres en 1957, peut être définie comme étant régulière et peu accidentée. De plus, la bordure externe n'est pas nette : on ne peut pas dire exactement à quel endroit on passe du banc à la pente qui mène aux grands fonds de l'Atlantique du NE, car cette pente est convexe et ne présente pas de rupture caractérisée. On n'y a pas identifié de canyons sous-marins.

De même, dans le nord de la baie Porcupine, le relief est calme, ainsi que sur le bord oriental de cette baie jusqu'à la latitude de 51° 10' N. Entre 50° 10' et 50°, le bord de la baie est, par contre entaillé de plusieurs vallées encaissées de 200 à 400 m. Les dragages qui sont décrits plus loin ne dépassent pas cette latitude vers le sud (fig. 11 au chapitre III, 2°).

Si l'on replace le banc Porcupine dans son contexte du *continental borderland* de l'Europe du nord-ouest, on peut se demander, dès l'abord, si ce n'est pas un élément des grands épanchements volcaniques tertiaires qui s'étendent de l'Antrim (Irlande) et des Hébrides (Écosse) au Groënland oriental, en passant par les îles Faroë et l'Islande (GUILCHER et BEAUJEU-GARNIER, 1958 — chapitre I). Pour le banc de Rockall, qui est voisin de Porcupine, cette interprétation paraît assurée ou très probable, dans l'état des connaissances (l'écueil qui émerge à Rockall représentant sans doute une intrusion granitique tertiaire dans le plateau basaltique du banc, comme on en a des exemples aux Hébrides et dans le NE de l'Irlande).

Les dragages antérieurs à ceux qui fournissent la matière de notre étude sont décrits dans trois publications.

a) Les prélèvements les plus nombreux sont ceux qui ont été caractérisés avec minutie par COLE et CROOK (1910). Ils se répartissent en trois groupes. Le premier groupe comprend quatre dragages sur le sommet de Porcupine, entre 166 et 219 m. Les quatre dragages ont fourni, en très grande abondance, du gabbro à olivine (jusqu'à 1935 blocs à la station I) que les auteurs rapprochent des intrusions associées aux éruptions tertiaires de l'Irlande du NE et des Hébrides; le gabbro à olivine est accompagné de nombreux fragments de grès et de granites. Le second groupe inclut onze dragages en avant des côtes du Connemara et du Mayo et assez près d'elles (enracinement du pédoncule de Porcupine sur la plateforme continentale). Six sont compris entre 136 et 192 m de profondeur et les cinq autres (IX, X, XIII, XIV, XV) sont entre 380 et 1 005 m. Ici, on trouve les mêmes roches que dans l'Irlande adjacente (Dalradien, Carbonifère) avec, en plus, en sept dragages, des silex et parfois de la craie formant au maximum 14,5 % des échantillons à la station XIV, à 1 005 m de profondeur. Le troisième groupe, sur le bord E NE de la baie Porcupine, c'est-à-dire à l'O des côtes du Kerry, comprend cinq dragages entre 626 et 1 207 m qui ont fourni de la craie et des silex, du Carbonifère, des grès (vieux grès rouge), des roches métamorphiques et une faible quantité de basalte en quatre des échantillons. Le Crétacé est présent dans les cinq dragages (12 à 27 % des roches selon les cas).

Aucune de ces roches ne semble avoir été arrachée à des affleurements *in situ*. Les sédiments plus fins sont précisés pour quatre dragages, différents des précédents et situés dans la région du 3^e groupe (devant le Kerry). Ils sont hétérométriques, allant du sable à l'argile. Des indications plus sommaires sont données sur les sédiments dragués avec les roches décrites au large du Mayo (second groupe).

b) Un autre dragage a été effectué par le « Michael Sars » par 50° 22' N - 11° 44' O, c'est-à-dire sur le bord est de la baie Porcupine, au sud des précédents, par 1 800 m de fond. Il a été décrit par PEACH (1912). Il comprend une très grande variété de fragments de roches étudiables dont voici la liste.

Crétacé (12 blocs) : craie avec *Exogyra*, craie avec grains de sable, silex de la craie, calcaire gris à grain fin, marbre blanc à grain fin.

Carbonifère (39 échantillons) : calcaire à encrines, calcaire à accident siliceux, calcaire à *Schizodus* et *Edmondia*, grès à encrines, grès à spirorbès, grès à plantes, grès et sable argileux.

Dévonien (4 échantillons) : grès pourpre et conglomérat.

Silurien (55 échantillons) : grauwaacke, argile schisteuse lydienne, grauwaacke veinée de quartz, quartz filonien, roche dolomitique.

Roches intrusives (33 échantillons) : granite, syénite, lamprophyre, dolérite.

Roches d'épanchement (25 échantillons) : basalte, conglomérat volcanique.

Roches crystallophylliennes (40 échantillons) : Gneiss, schiste graphiteux, schiste phylliteux, grauwaacke métamorphique, epidiorite, felsite. (Ces roches sont en partie enfoncées dans une boue à globigérines.)

Dans l'étude morphologique des blocs dragués, l'auteur a distingué les variétés suivantes :

blocs anguleux	39,72 %
blocs arrondis (galets)	6,86 %
blocs sub-anguleux façonnés par la glace	14,21 %
blocs d'origine glaciaire	39,21 %

Total 100,00 %

c) Un dragage a été fait en 1924 par le « Pourquoi-Pas ? » sur le sommet du banc Porcupine, très près du premier groupe des dragages de COLE et CROOK, par 175 m de fond, 53° 18' N et 13° 40' O. Il est décrit ainsi par DANGEARD (1928, p. 267 et aussi p. 16-17) : « Roches, pierres sable coquillier. Pierres basaltiques de tailles diverses, formes souvent anguleuses, surface couverte de tubes de Serpules, Bryozoaires, sable très blanc à cause de l'abondance des débris organiques.

Foraminifères très abondants (globigerines), piquants d'oursins. Toutes les coquilles sont vides. Basalte gris rougeâtre, en blocs très nombreux (une cinquantaine). Un échantillon gros comme la tête, aux formes anguleuses ; interprétation : coulée basaltique en place ».

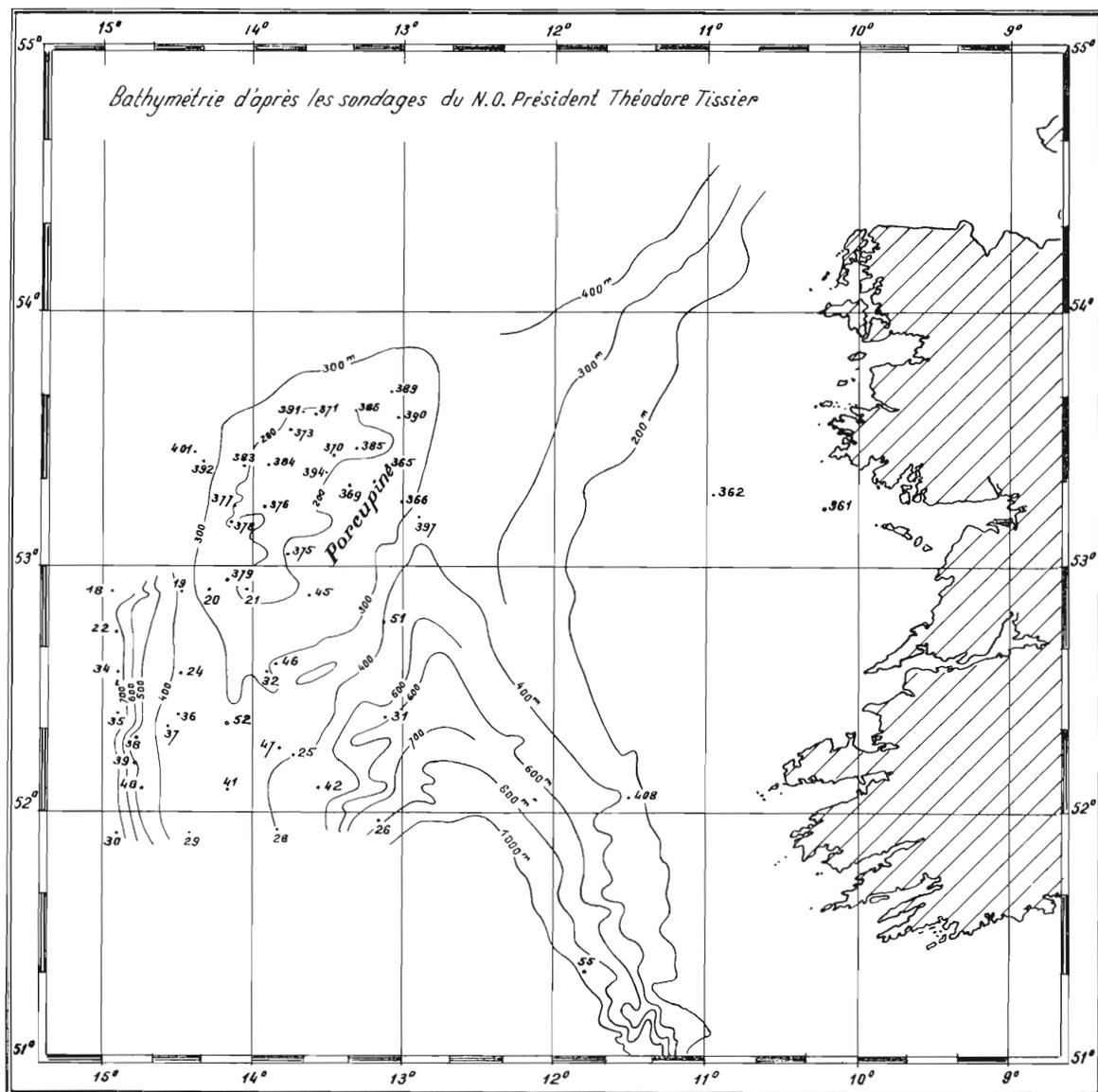


FIG. 1. — Stations du « Président Théodore Tissier » en août 1954 et mars 1957.

On trouvera, d'autre part, dans le même ouvrage de DANGEARD (p. 15-17) un résumé, avec références, des travaux de géologie sous-marine faits jusqu'en 1928 dans l'Atlantique du N.E.

De tout ceci, on pouvait supposer, avant nos recherches, que le sommet de Porcupine est formé, comme Rockall, de basalte et de roches éruptives intrusives (gabbros) dans ce basalte, qu'il y a peut-être aussi un peu de basalte devant le Kerry et que, devant le Mayo, d'une part, et le Kerry, d'autre part, existent vraisemblablement, outre les mêmes roches que celles qu'on trouve dans les

parties adjacentes de l'Irlande, des affleurements assez étendus de craie crétacée. Une objection essentielle est évidemment qu'on a dragué là des fragments de roches libres et non des éléments de roche en place. Cette objection nous paraît valoir beaucoup plus pour les éléments qui ont leurs correspondants en face, en Irlande de l'ouest, que pour le Crétacé. En effet, les affleurements les plus proches de Crétacé émergé sont ceux d'Antrim, des Hébrides et de l'est du Devonshire : or, l'Antrim et les Hébrides, où les affleurements sont restreints, sont très mal situés pour avoir fourni en abondance, par icebergs, au Pléistocène, de la craie et des silex jusqu'au large du Kerry. Quant au Devonshire, il n'a pas subi de glaciation. Le Crétacé qui a été dragué peut, certes, avoir subi un transport, mais il paraît impliquer, en des lieux *relativement* proches, des affleurements immergés. Le même raisonnement plaide en faveur d'un petit affleurement basaltique devant le Kerry.

2° *Les nouvelles recherches.*

Les sédiments et fragments de roches faisant l'objet de la présente étude ont été récoltés au cours de deux campagnes du navire océanographique « Président-Théodore-Tissier » de l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes.

La première campagne a eu lieu en août 1954. Nous n'y avons pas participé. Elle a fourni les échantillons portant les numéros 361 à 408 qui ont été recueillis et stockés sous la direction de M. FAURE, chef de mission. La figure 1 et la carte géologique montrent qu'ils sont tous situés, à trois exceptions près, dans la partie centrale du banc Porcupine. Sur la figure 1, les courbes bathymétriques sont schématisées d'après les levés du « Président-Théodore-Tissier ».

La seconde campagne, à laquelle nous avons pris part, a eu lieu en mars 1957. Les échantillons dragués à ce moment, portent les numéros 18 à 55. Ils sont presque tous situés, sauf trois, dans le sud du banc Porcupine et sur ses flancs SO et SE (fig. 1 et carte géologique). Les trois autres sont sur le bord est de la baie Porcupine, au SO du Kerry.

Les dragages ont été faits à la drague Rallier du Baty lorsque la profondeur était importante et à la drague à éléments multiples de L. BERTHOIS lorsque la profondeur était inférieure à 400 m.

Les échantillons ainsi recueillis sont étudiés ci-après, du point de vue granulométrique, minéralogique et chimique. De plus, ceux qui incluent des fragments de roches plus gros, font l'objet d'une dernière partie dans notre description.

II. - ETUDE DES ECHANTILLONS SABLEUX ET LIMONEUX

1° DEFINITION DES TYPES GRANULOMETRIQUES

a) *Sédiments sableux sans fraction fine.*

Nous avons distingué trois types sédimentaires en rapport avec la sélection granulométrique. Nous ne disposons que de vingt échantillons sableux sans fraction fine ce qui est relativement peu pour définir des types sédimentaires avec précision. Nous avons été astreints à grouper dans un même type des sédiments qui présentent des disparités assez importantes, mais il était impossible de réaliser une sélection plus rigoureuse sans encourir le risque de définir les types par un nombre trop restreint de courbes granulométriques.

En outre, il ne faut pas oublier qu'en remontant à bord d'un navire les sédiments dragués à une profondeur assez considérable, il est excessivement difficile de ne pas éliminer une partie de la fraction fine. M. ROSFELDER, qui a contrôlé en plongée sous-marine le fonctionnement d'une drague à cône métallique analogue à la drague à éléments multiples que nous avons employée, a constaté qu'il n'y avait pratiquement aucun lavage de sédiment à la remontée (Renseignement oral donné par M. ROSFELDER). Mais il n'en est pas de même dans une drague RALLIER, qui se termine par un sac en toile laissant toujours passer une partie de la fraction fine.

Type 1 (fig. 2). Les sédiments de ce type sont des sables fins qui contiennent au plus 12 % de grains de diamètres compris entre 2,18 et 0,36 mm. La fraction granulométrique comprise entre 0,36 et 0,089 mm constitue de 75 à 85 % de l'ensemble sédimentaire. C'est ce caractère commun qui

est la principale caractéristique de ce sédiment. Cependant, dans le cadre de cet intervalle granulométrique, la répartition des fractions intermédiaires présente des variations dont les valeurs extrêmes sont les suivantes :

fraction granulométrique de	0,36 à 0,24 mm :	3 à 35 % ;
—	—	0,24 à 0,19 mm : 6 à 32 % ;
—	—	0,19 à 0,125 mm : 17 à 39 % ;
—	—	0,125 à 0,089 mm : 1 à 20 % .

Enfin, la proportion des grains de diamètres inférieurs à 0,089 mm peut varier de 0 à 20 % .

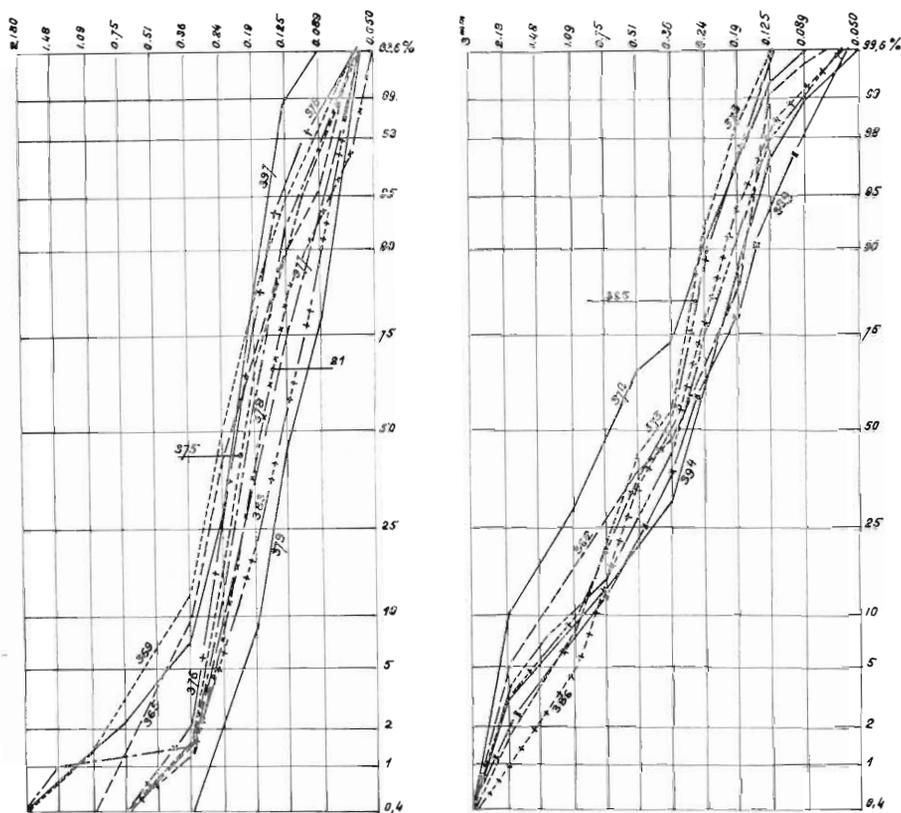


FIG. 2 et 3. — A gauche. type 1 : stations 365, 369, 375, 376, 377, 378, 379, 383, 21. A droite. type 2 : stations 362, 370, 373, 385, 386, 389, 390, 394.

En définitive, les sables du type 1 présentent, dans le détail de leur granulométrie, des disparités notables résultant sans doute de variations locales des courants liées à la microtopographie du plateau. Ils ont cependant en commun deux caractéristiques essentielles : la rareté des éléments grossiers et un triage assez sélectif des grains de diamètres compris entre 0,36 et 0,089 mm .

Il est possible que ce triage assez bon soit lié à la position sommitale des sables du type 1 sur le banc, le triage ayant été réalisé à un moment où la profondeur était beaucoup plus faible. Nous y reviendrons.

Type 2 (fig. 3). Les sédiments de ce type sont caractérisés par une fraction grossière beaucoup plus importante que celle du type 1. Dans le type 2, en effet, les sables contiennent 30 à 70 % de grains de diamètres supérieurs à 0,36 mm . La fraction granulométrique comprise entre 0,36 et 0,089 mm représente 27 à 68 % de l'ensemble. Enfin, les éléments de diamètres inférieurs à 0,089 mm ne figurent dans le sédiment que pour 2 %, au plus, du total.

Ainsi, le sable du type 2 se différencie nettement de celui du type 1 par une fraction grossière (comprise entre 3 et 0,36 mm) beaucoup plus abondante, mais susceptible de variations importantes. Cependant, il faut noter que dans 7 sur 8 des échantillons, la variation de teneur en éléments grossiers est comprise entre 30 et 55 %.

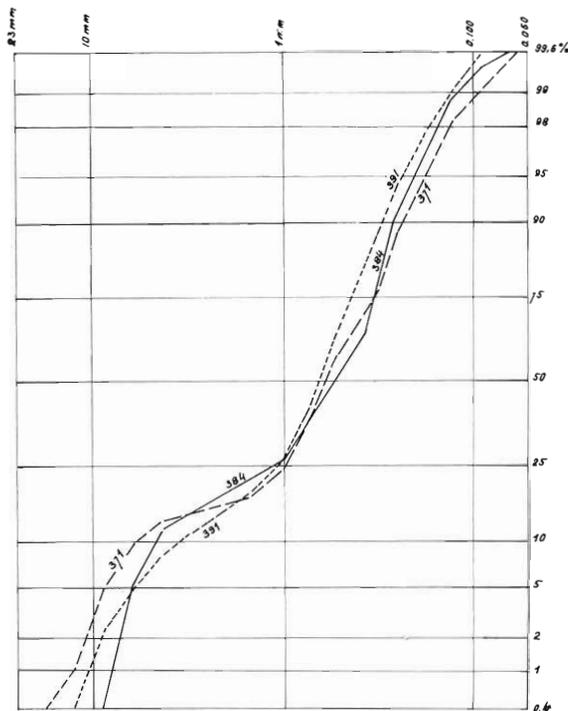


FIG. 4. — Type 3 : stations 371, 834, 391.

forme de 18 à 34 % de dépôt. Les éléments $< 0,089$ mm sont très peu abondants (< 1 %).

Ce sédiment très hétérométrique ne peut pas avoir été déposé en une seule fois par un courant unique. Une telle hétérométrie ne se rencontre que dans le profil transversal d'un fleuve où les vitesses de courant peuvent présenter des variations considérables dans la traversée du lit.

On peut envisager deux hypothèses pour expliquer les courbes granulométriques obtenues.

1° Un courant très rapide a d'abord déposé les graviers, puis, lorsque la vitesse du courant a diminué, la sédimentation est devenue sableuse.

Cette hypothèse s'accorde bien avec la forme des courbes granulométriques qui présentent une inflexion à l'ordonnée de 15 % montrant ainsi que la fraction de 1 à 4 mm de diamètre est en très faible proportion.

2° Il existait antérieurement un sédiment très hétérométrique, glaciaire ou glacio-marin, qui est remanié par les courants actuels. Cette dernière interprétation semble, granulométriquement, moins séduisante au premier abord, mais elle doit être examinée dans le contexte des autres observations, ce que nous ferons plus loin.

b) Sédiments sableux avec fraction fine.

Type 4 (fig. 5). Les sédiments de ce type contiennent à la fois des sables et une fraction fine. Les grains de diamètres supérieurs à 0,36 mm représentent moins de 5 % du sédiment mais la fraction sableuse proprement dite, comprise entre 0,36 et 0,050 mm, peut former de 20 à 65 % du dépôt.

Le groupement de ces sédiments en un seul type ne se justifie que par le faible nombre de prélèvements et la nécessité de ne pas multiplier les types sédimentaires. Il est bien évident que, dans une étude comme la nôtre, alors que les prélèvements sont espacés de huit à dix milles nautiques et même davantage, il est indispensable de se limiter aux variations granulométriques importantes, témoignant d'une nette différenciation dans le régime des courants profonds qui apportent de nouveaux sédiments ou remanient ceux antérieurement déposés. Les variations locales de ces courants se répercutent sur la granulométrie en modifiant la sélectivité de certaines dimensions de grains ; mais leur interprétation ne peut être que très hypothétique dans le cas présent et, par conséquent, sans objet.

Type 3 (fig. 3). Les sédiments rapportés à ce troisième type sont composés d'une fraction sableuse et d'une fraction graveleuse dont les éléments peuvent atteindre ou même dépasser 10 mm de diamètre. Ces sédiments grossiers qui ne sont pas représentés dans les deux types précédents constituent 12 à 15 % du dépôt de type 3.

La fraction sableuse dont les diamètres sont compris entre 3 mm et 0,36 mm constitue de 53 à 67 % du sédiment, tandis que la fraction sableuse fine de diamètres variant de 0,36 à 0,089 mm

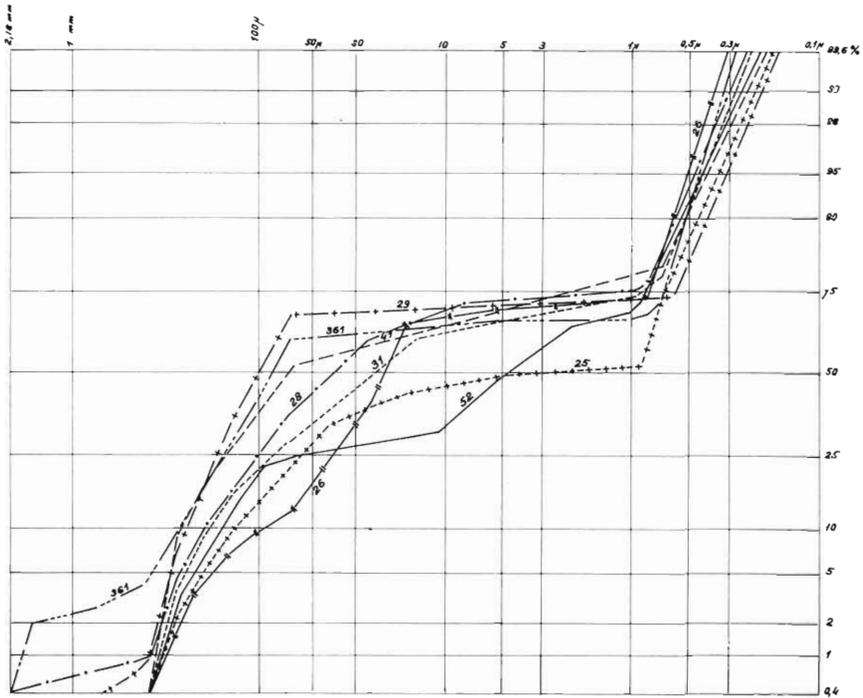


FIG. 5. — Type 4 : stations 29, 31, 41, 52, 25, 26, 28, 361.

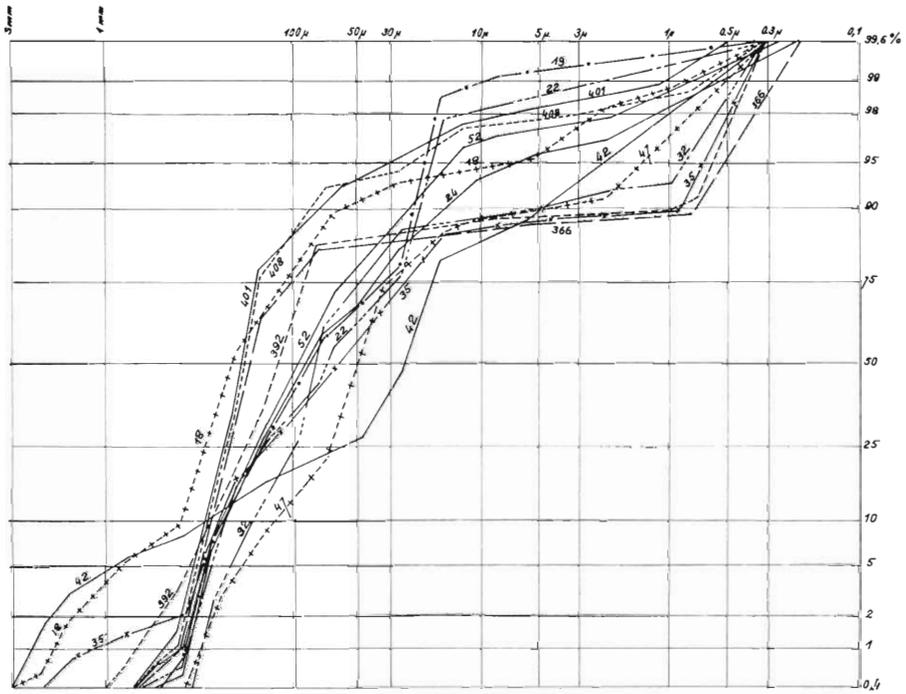


FIG. 6. — Type 5 : stations 18, 19, 22, 24, 32, 35, 42, 47, 52, 366, 392, 401, 408.

Toutes les courbes granulométriques du type 4 ont une inflexion très marquée entre 50 et 75 %. Il n'y a, en effet, qu'une très faible quantité d'éléments de diamètres compris entre 50 μ et 1 μ , en général moins de 20 %. Les particules de diamètres compris entre 1 μ et 0,2 μ forment en moyenne 25 % du dépôt.

Il existe ici deux stocks granulométriques nettement séparés par une solution de continuité.

Type 5 (fig. 6). Ces sédiments complexes renferment, comme les précédents, des sables et une fraction fine, mais la fraction sableuse est plus importante que dans le type 4 et la transition entre les deux stocks granulométriques est, en général, moins brutale que pour ce dernier. La fraction fine dont les particules ont des diamètres compris entre 10 μ et 0,2 μ n'excède jamais 15 % et peut même n'atteindre que 1 % de l'ensemble du dépôt.

On peut donc apparenter ces sédiments à des limons presque exclusivement siliceux, dans lesquels la fraction argileuse, au sens minéralogique de ce terme, est extrêmement réduite.

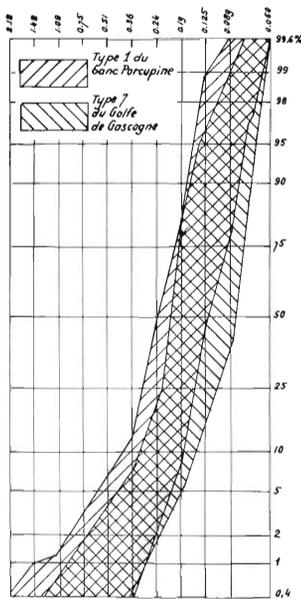


FIGURE 7.

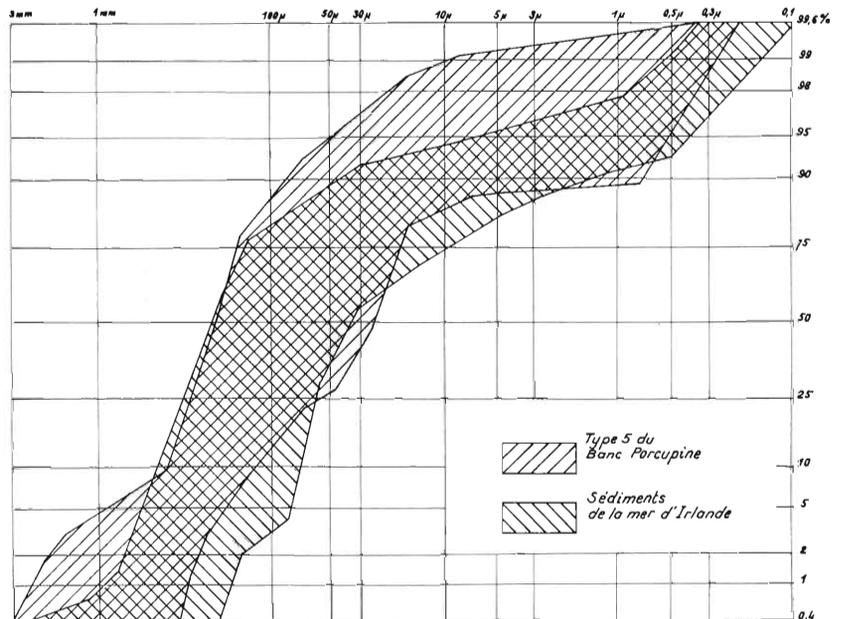


FIGURE 8.

Etude comparative.

a) Comparaison des sables de type 1 avec ceux de type 7 du golfe de Gascogne (fig. 7). Dans une précédente étude (L. BERTHOIS et Y. LE CALVEZ, 1959), il a été démontré que le sédiment du type 7 du golfe de Gascogne résultait du remaniement, par un courant de vitesse réduite, d'un sédiment fin antérieurement déposé. En l'occurrence, il s'agissait d'un sable littoral ou de type dunaire analogue à celui de la côte des Landes de Gascogne.

La superposition des courbes-enveloppes des sédiments du type 1 de Porcupine et de celles des sédiments du type 7 du golfe de Gascogne fait ressortir une certaine analogie entre les deux types de dépôts.

Les sédiments 1 de Porcupine sont plus grossiers et moins bien triés que ceux du golfe de Gascogne ; mais l'analogie qui subsiste nous incite à penser que les sables de type 1 de Porcupine résultent du remaniement d'un dépôt ayant sans doute, comme ceux du Golfe, des caractéristiques littorales ou, du moins, de sables de très faible profondeur.

b) Comparaison des sédiments de type 5 du banc Porcupine avec les sédiments de la Mer d'Irlande (fig. 8). Dans un travail consacré aux sédiments de la Mer du Nord et de la Mer d'Irlande (L. BERTHOIS, 1957), les sédiments complexes de la Mer d'Irlande ont été apparentés aux limons des formations quaternaires ou à leurs produits de lessivage.

Dans les limons quaternaires de la vallée de la Rance, la fraction d'éléments $< 0,010$ mm est comprise entre 20 et 30 % en poids. Dans les sédiments complexes de la Mer d'Irlande, cette même fraction fine représente 6 à 30 % du sédiment total. Les sédiments du type 5 du banc Porcupine ont une fraction fine encore plus réduite puisque les particules $< 0,010$ mm constituent moins de 15 % du sédiment total.

La figure 8, dans laquelle sont superposées les enveloppes des courbes granulométriques des sédiments du banc Porcupine et de la Mer d'Irlande met nettement en évidence ce fait essentiel.

On peut donc en conclure que, si les deux formations de la Mer d'Irlande et du banc Porcupine sont issues de matériaux analogues, vraisemblablement glaciaires ou plus exactement glacio-marins, les sédiments actuels de Porcupine présentent un stade de lessivage nettement plus marqué, dans la plupart des cas, que les sédiments de la Mer d'Irlande.

c) Répartition des types sédimentaires. La répartition des types sédimentaires qui viennent d'être définis est donnée sur une carte (fig. 9).

Les sables de type 1 forment un arc assez étendu vers la partie centre-sud du plateau, par fonds voisins de 200 m et n'excédant pas 300 m. On peut admettre qu'ils ont été classés au cours d'une régression glacio-eustatique du quaternaire, lorsque la profondeur était considérablement plus faible qu'aujourd'hui du fait de l'abaissement général du niveau des mers.

Les sables de type 2 constituent deux lentilles dans les parties nord-est et nord-ouest du plateau, entre 200 et 300 m de profondeur.

Les sables et graviers de type 3, très hétérométriques, se répartissent sur une bande assez allongée entre les deux ellipses de type 2. Nous avons représenté par des hachures horizontales continues la zone où nous avons dragué des échantillons de ce type.

Nous avons complété cette aire de répartition en utilisant les données du travail de G.A.J. COLE et T. CROOK (1910) sur la région nord-est, au large du Mayo. Ces auteurs ont signalé la présence de graviers et de sables grossiers dans presque toutes leurs stations de dragage. Aucune courbe granulométrique n'ayant été établie, nous avons attribué tous les sédiments au type 3 qui correspond au dépôt le plus hétérométrique de notre étude. Cependant, pour marquer le doute qui subsiste quant à cette attribution, nous avons hachuré l'aire relative à ces sédiments par des traits horizontaux discontinus et porté le numéro de type entre parenthèse : (3).

Sédiments complexes de type 5. Nous décrivons leur répartition avant celle des sédiments de type 4 parce que leur aire d'extension enveloppe les aires précédentes à l'ouest, au sud et à l'est.

Dans la partie ouest, les sédiments de type 5 s'étendent depuis l'isobathe de 300 m jusqu'à celle de 700 m et peut-être même plus profondément.

Vers le sud et vers l'ouest, la zone d'extension de ce type sédimentaire ne semble pas dépasser l'isobathe de 500 m.

Sédiments complexes de type 4. Les sédiments du type 4 s'étendent au sud de la région couverte par les sédiments du type 5, depuis l'isobathe 400-500 m jusqu'à l'isobathe 800-1 000 m.

La description granulométrique des types sédimentaires fait ressortir dans ce type une nette augmentation de la fraction $< 1 \mu$ qui atteint ici de 20 à 35 % tandis qu'elle est limitée à environ 10 % dans le type 5.

Cette augmentation de la fraction fine dans le type 4 peut être interprétée comme un enrichissement dû au lessivage par les courants actuels, relativement lents, des dépôts de type 5 avec concentration des éléments fins aux plus grandes profondeurs couvertes par les sédiments de type 4.

Cette interprétation concorde parfaitement avec l'inflexion brusque des courbes granulométriques et la pénurie relative des sédiments de type 4 en éléments compris entre 30μ et 1μ .

Les quatre échantillons décrits par COLE et CROOK (1910, p. 33) sur le bord est de la baie de Porcupine, entre 50° 36' et 51° 59' N, peuvent être rattachés soit à notre type 4, soit à notre type 5, puisqu'ils comprennent à la fois une fraction grossière et une fraction fine.

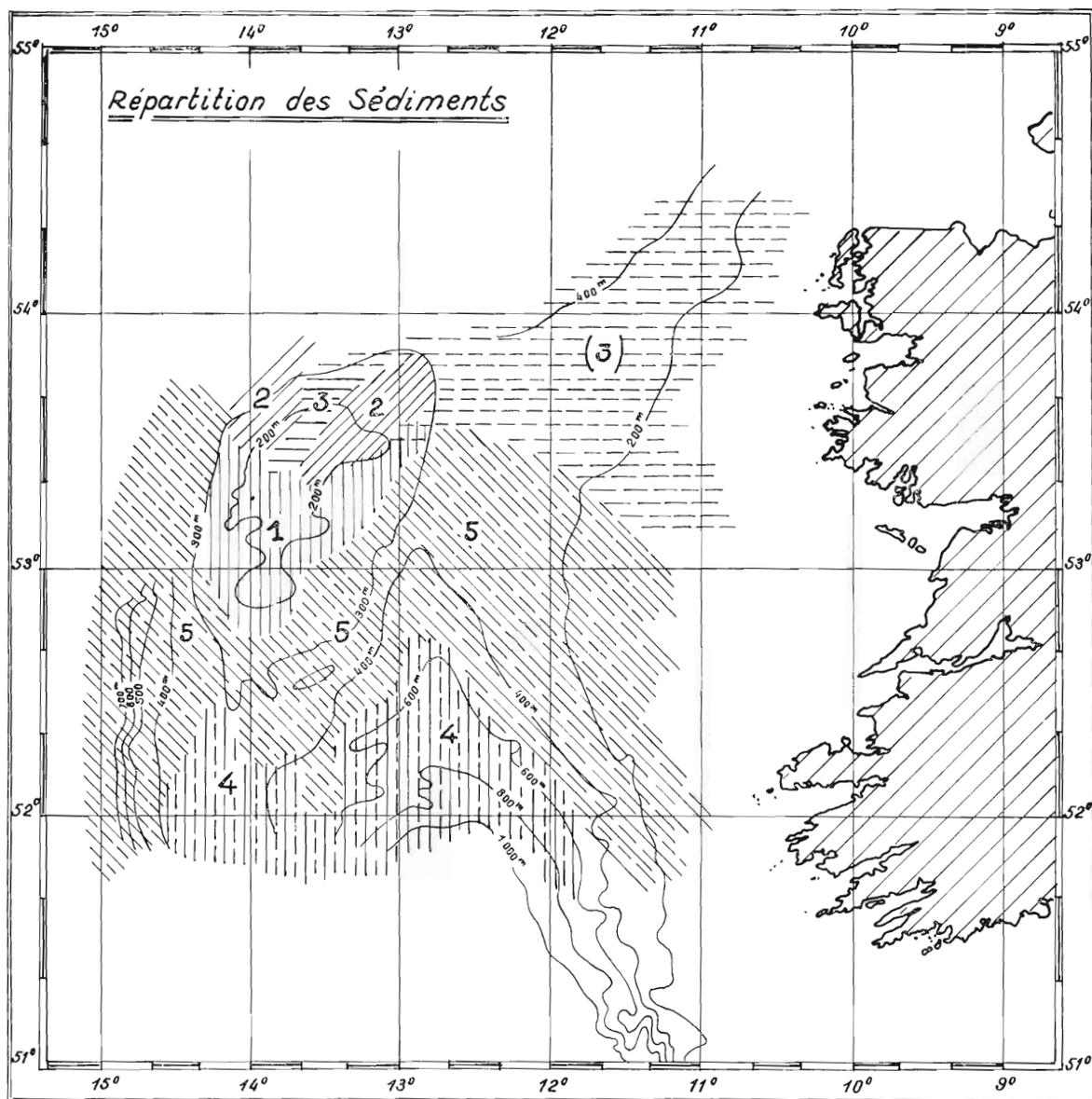


FIG. 9. — Répartition des différents types sédimentaires.

2° ETUDE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE

a) Analyses thermiques différentielles.

Nous avons eu pour but essentiel de mettre en évidence d'une façon certaine la teneur relativement faible en produits argileux au sens minéralogique de ce terme.

Les analyses microgranulométriques qui nous avaient montré la faible proportion d'éléments très fins attirèrent d'abord notre attention sur ce fait. Un examen microscopique des petits éléments de $50\ \mu$ à $30\ \mu$ environ semblait confirmer la prédominance de petites esquilles de quartz, mais on sait combien il est difficile d'établir un diagnostic minéralogique certain sur des particules aussi fines.

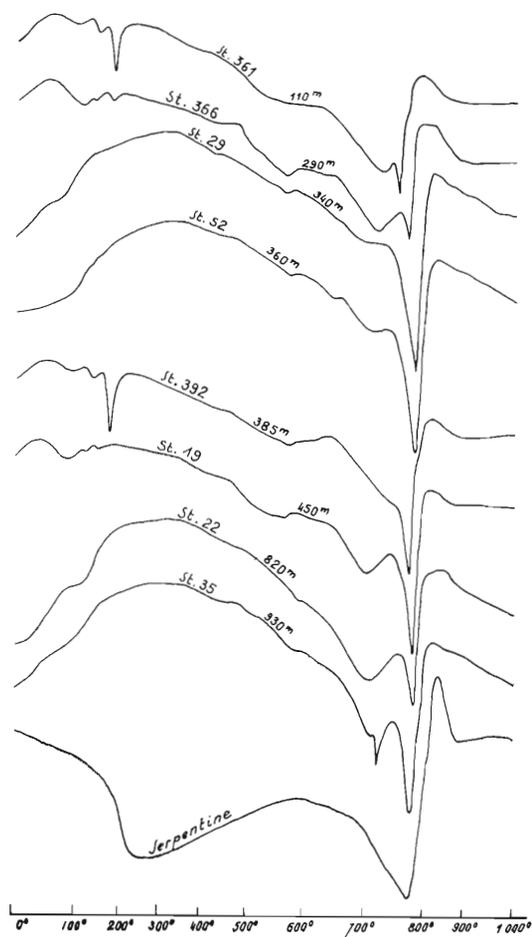


FIG. 10. — Courbes d'analyses thermiques différentielles; la courbe de la serpentine d'Andranifite d'après S. CAILLÈRE (loc. cit., p. 228) est reproduite à titre de référence.

L'analyse thermique différentielle nous permettait de lever cette indétermination en opérant sur l'échantillon brut, c'est-à-dire sur un échantillon traité à l'eau oxygénée pour éliminer la matière organique, mais n'ayant pas été soumis à d'autres attaques pour la destruction des carbonates ni à aucune concentration de la fraction fine.

Les courbes d'analyses thermiques différentielles représentées sur la figure 10 montrent que :

l'illite n'existe qu'à l'état de traces, elle se signale par un crochet endothermique extrêmement faible entre 500 et 600° ;

entre 700 et 800° , on observe, suivant les courbes, un ou deux crochets endothermiques plus ou moins nettement marqués, qui sont dus à la présence de chrysotile et d'antigorite.

Il apparaît, dans la figure 10 où les courbes d'analyses thermiques sont disposées suivant la profondeur croissante, que la proportion de chrysotile et d'antigorite semble augmenter avec la profondeur. Les crochets endothermiques sont en effet nettement plus marqués dans les stations profondes que dans les autres.

La présence, dans les sédiments de Porcupine, de minéraux du groupe de Serpentes présente un certain intérêt pour la recherche de la roche-mère des sédiments dragués.

C'est au travail fondamental de M^{me} S. CAILLÈRE sur les minéraux des serpentines (1936) que nous devons la plus grande part de nos connaissances sur ce groupe.

De nombreuses hypothèses ont été émises pour expliquer la genèse de ces silicates. Ce n'est que depuis les travaux de F. CIRKEL (1910) qu'a été établie la liaison entre les phénomènes pneumatolytiques et la serpentinisation. D'autre part, les observations de L. DUPARC et H. SIGG (1914) ren-

forcées par celles de A. LACROIX (1914) montrèrent que les magmas basiques sont accompagnés de minéralisateurs.

Les travaux de W. N. BENSON (1918) montrèrent que l'eau est nécessaire à la formation des serpentines et par conséquent que la serpentinisation est un phénomène d'autopneumatolyse.

D'après E. WEINSCHENK (1897) et F. ANGEL (1930) les différentes serpentines correspondraient à des stades différents du refroidissement du magma ; il se formerait d'abord de l'antigorite en lamelles et, dans un deuxième stade, la serpentine à structure maillée.

HESS (1933) considère la serpentinisation comme une altération due au dernier liquide du magma par action autométamorphique. Il admet, en outre, que la stratification se produit grâce à l'intervention des eaux chaudes provenant d'intrusions acides, par un mécanisme hydrothermal. Mais cette

explication n'est pas unanimement adoptée et cependant T. DURIETZ (1935) confirme l'interprétation de H. HESS.

Quel que soit le processus de leur formation, on peut considérer les minéraux des serpentines comme des produits d'hydratation de l'olivine, du pyroxène ou de l'amphibole (BECKE, 1894-1895 ; BUCKING, 1912 ; MERRILL, 1890 ; WARTHA, 1884). Ces silicates ont un faciès extrêmement variable et c'est ce qui explique qu'on les désigne par un très grand nombre de noms.

La formule chimique de la serpentine a donné lieu à de nombreuses discussions entre les auteurs. Il n'est pas dans notre propos de nous étendre sur cette question qui n'a ici qu'un intérêt relatif. Nous adopterons la formule globale donnée par A. LACROIX dans la « Minéralogie de la France et de ses Colonies » : $H_4 Mg_3 Si_2 O_9$.

De l'exposé ci-dessus, sur la genèse des serpentines, il ressort que la présence d'antigorite et de chrysotile dans les sédiments de Porcupine et de ses abords implique qu'ils dérivent des produits d'altération d'une roche éruptive basique.

b) Dosage de l'azote total.

Le dosage de l'azote total a été fait sur quelques sédiments présentant une quantité appréciable de particules fines. Les résultats obtenus sont les suivants :

N° de la station	361	408	401	366	392
Profondeur (en m)	110	215	250	290	385
N ₂ total %	0.130	0.040	0.040	0.040	0.050

En mer d'Irlande, les teneurs en azote total sont également très faibles mais, cependant, nettement supérieures aux résultats précédents. Les chiffres concernant la Mer d'Irlande sont les suivants :

N° de la station	389	392	391	399	384	65	67
Profondeur (en m)	22	30	34	92	110	130	130
N ₂ total %	0.080	0.070	0.082	0.220	0.110	0.160	0.080

Les teneurs en azote total des sédiments dragués dans le golfe de Gascogne sont en général intermédiaires entre les résultats de la Mer d'Irlande et ceux du banc Porcupine (L. BERTHOIS et Y. LE CALVEZ, 1959).

Cependant, il est intéressant de noter que dans l'estuaire de la Loire et dans le Loc'h (rivière d'Auray) des sédiments ayant sensiblement la même granulométrie que ceux du banc Porcupine sont notablement plus riches en azote total : soit jusqu'à 0,360 % dans l'estuaire de la Loire et jusqu'à 0,229 % dans le Loc'h.

Il semble donc s'établir dans la zone estuarienne et océanique considérée, une gradation de la teneur en azote qui atteindrait son maximum en estuaires fluvio-marins (Loire et Loc'h), serait encore élevée dans une mer relativement fermée comme la Mer d'Irlande, et décroîtrait notablement dans un golfe ouvert comme le golfe de Gascogne, pour atteindre les valeurs minima en une zone franchement océanique comme le banc Porcupine.

Malgré tout l'intérêt que présente cette question, il est encore très prématuré de vouloir généraliser, et tirer des conclusions s'appliquant à d'autres régions océaniques. Cependant, il nous a paru dès maintenant intéressant de signaler au passage les relations existant dans l'aire maritime relativement proche de la région qui fait l'objet de cette étude.

III. - ETUDE DES FRAGMENTS DE ROCHES

Pour nous permettre une meilleure détermination des roches draguées et éventuellement l'identification de leur provenance, l'un de nous (A. GUILCHER) a recueilli à terre, dans l'ouest et le nord de l'Irlande, des échantillons représentatifs des principaux faciès lithologiques. Quelques autres prélèvements ont été faits au Pays de Galles et dans le sud-ouest de l'Angleterre. Trois échantillons supplémentaires du nord de l'Irlande (n° 61, 62 et 63) sont dus à l'obligeance du D^r N. STEPHENS, de l'Université de Belfast, à qui nous exprimons nos remerciements.

Nous avons dressé une carte géologique générale de l'Irlande d'après GRENVILLE, A. J. COLLE et T. CROOK sur laquelle sont indiqués par leurs numéros les lieux des prélèvements à terre (fig. 11). On y remarque que la densité des échantillons est plus grande dans le Donegal que dans le Mayo et le Galway, bien que le Donegal soit plus éloigné du banc Porcupine. Ceci ne semble pas présenter un gros inconvénient car les faciès du Dalradien du Mayo et du Galway se retrouvent en Donegal, où on les a prélevés. Au total, il ne nous semble pas qu'il y ait des lacunes essentielles dans un tel échantillonnage ; mais il y en a évidemment de secondaires car il est impossible que tout soit représenté.

Dans la description lithologique suivante, nous avons groupé dans une même rubrique des roches lithologiquement semblables mais pouvant avoir des provenances différentes. Cette façon de procéder nous a permis de réduire considérablement les descriptions lithologiques, en évitant les répétitions, et aussi de faciliter les comparaisons avec les roches draguées.

1° LITHOLOGIE DES ROCHES DE COMPARAISON RECOLTEES A TERRE

a) *Granites.*

N° 6. *Granite de la presqu'île de Rosguill (Donegal).* Structure grenue avec albite-oligoclase à 12 % d'anorthite, finement maclée, la maclé de la péricline est parfois associée, inclusions aciculaires d'apatite. L'orthose est souvent séricitisé à extinctions moirées avec traces d'éclatement des cristaux déformés par les pressions. Biotite portant de nombreuses inclusions d'apatite, le zircon est moins fréquent. La muscovite est moins abondante que la biotite. Le quartz est en grandes plages xénomorphes. *Diagnose* : granite calco-sodique à biotite et muscovite.

L'analyse au compteur de points, composition volumétrique centésimale : quartz 13.8 %, orthose 38.2 %, albite-oligoclase 23.9 %, biotite 20.0 %, muscovite 1.1 %, apatite 0.5 %, séricite : 2.5 %.

N° 22. *Granite des Monts Croaghgorm (Donegal).* Orthose très abondant légèrement altéré. Albite-oligoclase à 10,15 % d'anorthite maclée albite à très fines lamelles hémitropes. Biotite rare, muscovite moins rare que la biotite mais peu abondante ; quartz xénomorphe abondant. *Diagnose* : granite orthosique très leucocrate.

N° 16. *Granite, Keadew (presqu'île de Rosses, Donegal).* Feldspaths très abondants. Albite en petits cristaux idiomorphes moulés pœcilitiquement par de grandes plages de microcline qui renferment également du quartz mais beaucoup plus rarement que l'albite. Orthose maclé Carlsbad. Quelques feldspaths zonés souvent trop altérés pour permettre une détermination spécifique. Micas : méroxène très dichroïque, très rare dans la roche qui est hololeucocrate quelques inclusions de sphène ; muscovite également rare. Quartz en grandes plages beaucoup moins abondant que le feldspath. *Diagnose* : granite hololeucocrate très voisin d'une syénite alcaline.

N° 17. *Granite, est de Croyboyle (presqu'île de Rosses, Donegal).* Grandes plages de microcline moulant pœcilitiquement de petits grains d'orthose, plus rarement d'albite. Albite maclée, fines lamelles hémitropes, 8 - 10 % d'anorthite. Orthose maclé Carlsbad beaucoup moins abondant que le microcline. Quartz xénomorphe en grandes plages à extinctions roulantes. Biotite rare. *Diagnose* : granite hololeucocrate à microcline.

N° 24. *Granite des Ox Mountains, rive nord Lough Cullin (Mayo).* Grands cristaux d'orthose souvent altérés et grands cristaux de microcline plus frais que l'orthose. Ils forment avec le quartz des bourgeons de myrmékite. Il existe de grandes plages quartzieuses à extinction roulante mais aussi des plages formées de très petits grains étroitement juxtaposés qui présentent des indices de recristallisation secondaire. Le mica noir est rare, la muscovite également. Ce granite a le faciès que l'on observe fréquemment dans les séries comprenant des schistes cristallins. *Diagnose* : granite leucocrate orthosique.

b) *Roches basiques sans quartz ou quasi sans quartz.*

N° 9. *Dalradien métamorphique, Rosguill (Donegal).* Feldspath potassique allongé, parfois zoné, dont la partie centrale est souvent altérée. Il est accompagné d'albite-oligoclase à 10 - 12 % d'anor-

thite maclée albite. Biotite contenant de petites inclusions aciculaires d'apatite ; séricite peu abondante. Quartz moyennement abondant. *Diagnose* : syénite calco-alkaline à grain fin.

Composition minéralogique volumétrique déterminée au compteur de points : quartz 13.5 %, orthose 58.1 %, albite 1.9 %, biotite 24.9 %, sericite 1,6 %.

N° 11. *Métadolérite, Creeslough et Dunfanaghy (Donegal)*. Roche éruptive très altérée dans laquelle la plupart des minéraux sont difficilement identifiables.

Il doit exister un feldspath calcosodique dominant et peut-être un feldspath potassique ; ils sont associés au quartz en groupements micro-pegmatitiques. Biotite abondante. Houppes de calcedonite épigénisant totalement un minéral non identifiable. Prehnite remplaçant un minéral calcique. Hornblende commune altérée, chlorite, muscovite. *Diagnose* : microgranite à amphibole ?

N° 14. *Basalte tertiaire en dyke, flanc nord des Monts Derryveagh au sud-ouest de Kingarow, au-dessus de la rivière Calabber (Donegal)*. Andésine en baguettes maclées albite à fines lamelles hémotropes (32 % d'anorthite). Augite en grands cristaux, parfois maclés, associée à une petite quantité d'hypersthène. Magnétite peu abondante. *Diagnose* : basalte à augite.

Composition minéralogique volumétrique déterminée au compteur de points : andésine 57,4 %, augite 37,1 %, magnétite 5,5 %.

N° 18. *Basalte tertiaire en dyke, paroi sud-est du Slieve Snaght (Monts Derryveagh, Donegal)*. Phénocristaux de plagioclase, maclés albite, labrador à 70 % d'anorthite. Ils se présentent sous la forme de grandes baguettes allongées comme des microlites de grande taille. Quelques-uns montrent la macle de Baveno, d'autres plus rares sont zonés (la zone externe est un peu moins basique que le centre). Il n'existe pas de barylites au 1^{er} temps de cristallisation. Microlites : andésine à 45 % d'anorthite. L'augite existe en petits grains dans la pâte, mais ce pyroxène est parfois postérieur aux microlites qu'il moule en structure ophitique. *Diagnose* : basalte labradorique à augite ophitique.

N° 23. *Dolérite tertiaire en filon sur la haute surface des Monts Croaghgorm (au-dessus du Lough Belshade, Donegal)*. Feldspath exclusivement microlitique : andésine à 45 % d'anorthite, ils sont parfois zonés sur une étroite bande périphérique. Ces microlites sont moulés par de l'augite en structure ophitique. *Diagnose* : dolérite à structure ophitique.

N° 61. *Basalte supérieur, Giant's Causeway (Antrim)*. Rares phénocristaux d'andésine. Labrador zonés à 50 % - 40 % d'anorthite. La roche qui possède une structure ophitique est surtout constituée par des microlites feldspathiques finement maclés mais relativement courts d'andésine à 25 - 30 % d'anorthite. L'augite abondante moulant le feldspath. La magnétite n'est pas très abondante. *Diagnose* : basalte quasi aphyrique.

N° 62. *Basalte, Down Hill près de Coleraine (Derry)*. Basalte entièrement microlitique sans phénocristaux. Les microlites de grande taille sont moulés ophitiquement par l'augite. (Andésine à 50 % d'anorthite). Il existe dans cette roche des plages importantes qui sont serpentinisées. Magnétite peu abondante. *Diagnose* : basalte aphyrique.

N° 63. *Basalte, Dunalis Upper près de Coleraine (Derry)*. Basalte à structure intersertale, les microlites de petite taille sont formés d'andésine à 40 - 50 % d'anorthite. L'augite est accompagnée d'une quantité importante de magnétite. *Diagnose* : basalte doléritique.

N° 46. *Lithomarge d'altération de basalte tertiaire dans une ancienne exploitation, haute vallée de Glenariff (NE de l'Antrim)*. La roche est rouge brique panachée de jaune, elle renferme des minéraux très altérés qui sont probablement d'anciens cristaux d'olivine sans qu'on puisse l'affirmer. Les filonnets et les petits amas d'opale sont fréquents.

N° 52. *Lithomarge (fer pisolitique) d'altération de basalte tertiaire, Slieverush près Newtown Cromclin (Antrim)*. La roche est rouge brique, elle est constituée par un amas de pisolithes de fer de 1 à 5 mm de diamètre agglomérés par un ciment silico-ferrugineux qui renferme encore des pisolithes de fer de très petite dimension. *Diagnose* : lithomarge, altération du basalte.

c) *Gneiss et roches associées.*

N° 4. *Granite des Monts Croaghgorm, entrée sud de la Barnesmore Gap (Donegal)*. Orthose et microcline assez abondants avec albite-oligoclase à 18 % d'anorthite à macle albite très fine. Biotite

en lamelles épaisses souvent déformées avec inclusions ferrugineuses opaques dans le clivage p (001). La séricitisation de cette biotite est assez fréquente mais jamais très étendue. Quartz très abondant en grandes plages ou en grains quasi isométriques étroitement accolés au feldspath ou en bourgeons de myrmékite. *Diagnose* : granite gneissique à microcline.

Composition volumétrique centésimale au compteur de points : microcline 25.9 %, orthose 7.5 %, albite-oligoclase 21.7 %, biotite 1,2 %, quartz 43.7 %.

N° 15. *Roche au flanc du ravin, au nord-est de la rivière Calabber (Donegal)*. Quartz abondant en petits éléments à l'extinction nette ou roulante. Feldspaths très abondants avec la macle albite à très fines lamelles hémitropes albite-oligoclase à 25 % d'anorthite. Parfois, complexe albite-Carlsbad en cristaux zonés dont la partie centrale est plus basique que la périphérie (oligoclase-andésine à 25 - 45 % d'anorthite). Mica moins abondant en petites paillettes dichroïques xénomorphes entre les cristaux de quartz et de feldspath. Le mica noir est sensiblement lité mais les lits sont très discontinus. *Diagnose* : gneiss à grain fin.

N° 3. *Gneiss dalradien, sortie nord de Collooney, route de Sligo (Sligo)*. Microcline abondant, andésine à 25 - 30 % d'anorthite maclée, albite-Carlsbad, albite-oligoclase à 12 % d'anorthite. Muscovite en amas discontinus ou en lamelles orientées. Quartz abondant, les extinctions roulantes sont assez rares. *Diagnose* : gneiss.

N° 8. *Roche métamorphique dalradienne, presqu'île de Rosguill (Donegal) près de la cote 544*. Biotite très abondante en lits formés de cristaux aciculaires enchevêtrés ou en paillettes séparées et alignées. La muscovite accompagne la biotite mais elle est beaucoup moins abondante qu'elle. Le feldspath est très rare, c'est de l'albite-oligoclase. Le quartz disposé en lits plus ou moins continus est sensiblement isométrique, les diamètres variant ordinairement entre 120 μ et 200 μ . *Diagnose* : schiste métamorphique très quartzeux.

Composition volumétrique centésimale déterminée au compteur de points : quartz 52.8 %, feldspath 3.4 %, biotite 41.3 %, muscovite 2.5 %.

N° 32. *Micaschiste et quartzite dalradien, près des Twelve Pins of Connemara (route de Clifden à Galway, Galway)*. Micaschiste : les lits micacés sont constitués par du méroxène, associé à de la muscovite, les lamelles sont extrêmement déformées car elles épousent étroitement des lentilles quartzieuses discontinues en amande qui alternent avec des débris feldspathiques également très étirés comme le quartz, mais présentant en outre d'intenses phénomènes de séricitisation ; malgré cette altération on reconnaît de temps à autre les lamelles hémitropes larges d'un plagioclase. Quartzite métamorphique : grains de quartz et de feldspath étroitement moulés les uns sur les autres sans interposition de ciment ; le feldspath potassique est altéré mais le feldspath calcosodique est toujours très frais ; la roche contient, en outre, des lamelles de biotite orientées et formant des lits très discontinus. Minéral accessoire : apatite.

d) *Quartzites et grès.*

N° 2. *Vieux grès rouge, sortie nord de Boyle, route de Sligo (Roscommon)*. Grès quartzeux à grains anguleux isométriques de 140 à 240 μ , quelques feldspaths plagioclases acides maclés albite, à lamelles hémitropes serrées. Très rares grains micacés de muscovite-séricite. Ciment phylliteux peu abondant entre les grains de quartz où il forme de petits amas à éléments aciculaires enchevêtrés. *Diagnose* : grès quartzeux à ciment de pores phylliteux.

Composition volumétrique déterminée au compteur de points : quartz 68.8 %, feldspath 1,7 %, séricite 4.2 %, ciment phylliteux 20.0 %, matière opaque ou ferrugineuse 2.8 %, ciment de quartzine 2.5 %.

N° 5. *Quartzite dalradien, presqu'île de Rosguill (Donegal)*. Le quartz est très abondant et comporte probablement deux origines : 1° les grains ont de 120 à 180 μ de diamètre avec des extinctions onduleuses, le contour de ces grains rappelle la structure diablastique ; 2° les grains sont beaucoup plus petits (30 à 50 μ de diamètre) ils forment une fine mosaïque entre les premiers. Quelques rares grains de feldspath : microcline et oligoclase à contour anguleux comme le quartz. Petites paillettes de séricite orientées. *Diagnose* : quartzite séricitique (avec recristallisation probable).

Composition minéralogique volumétrique déterminée au compteur de points : quartz 94.3 %, feldspath 0.9 %, séricite 4.8 % .

N° 7. *Quartzite dalradien, presqu'île Rosguill, cote 544 pieds (Donegal)*. Orthose assez fortement altéré, parfois faculé d'albite secondaire. Albite-oligoclase moins altéré que le feldspath potassique. Muscovite rare, en paillettes entre les grains. Quartz très abondant en grandes plages à extinction nette, avec un contour toujours anguleux. *Diagnose* : quartzite à feldspath calcosodique.

Composition minéralogique volumétrique déterminée au compteur de points : quartz 88.5 %, orthose 7.5 %, albite-oligoclase 2.6 %, muscovite 1.4 % .

N° 12. *Quartzite dalradien, Dunfanaghy (Donegal)*. Grains de quartz de 200 à 120 μ fréquents avec de très petits grains de 30 à 50 μ qui sont peut-être simplement des sections partielles de grains plus gros. Les grains sont très irréguliers, dentelés et leur section donne un aspect de désordre malgré une hétérométrie relativement faible. Le ciment argilo-phylliteux agglomère faiblement les grains. Il existe de petites plages quartzitiques sans ciment et des plages gréseuses avec faible interposition de ciment. Quelques très rares plagioclases. *Diagnose* : grès à ciment argilo-phylliteux.

Composition minéralogique volumétrique déterminée au compteur de points : quartz 73.8 %, plagioclases 1.2 %, ciment argilo-phylliteux 25.0 % .

N° 25. *Silurien (sans doute Llandoverry supérieur), Louisburgh, Clew-Bay (Mayo)*. Grès à grains de quartz hétérométriques à arêtes émoussées et contour géométrique, ou à grains très roulés et à contour elliptique parfois subsphérique. En général, les extinctions sont roulantes et les grains parfois craquelés, les inclusions ne sont pas rares. Le feldspath est très rare et en général trop altéré pour permettre une détermination spécifique. La pâte est constituée par de petits grains de quartz anguleux ou peu roulés dans un ciment silico-phylliteux dans lequel on remarque de temps en temps des amas granuleux sombres dus à des concentrations d'hydroxyde de fer. *Diagnose* : grès.

N° 26. *Silurien présumé Wenlock, sud de Louisburgh, Clew - Bay (Mayo)*. Grès sensiblement homométrique, les grains sont émoussés mais rarement très roulés. Les extinctions roulantes sont habituelles. Le ciment phylliteux est plus développé et moins cristallisé que dans l'échantillon précédent. Quelques rares paillettes de muscovite. Les amas sombres de matière carbonneuse sont abondants. *Diagnose* : grès à ciment phylliteux.

N° 29. *Grès ordovicien, Doo Lough, sud de Louisburgh (Mayo)*.

a) *Faciès à grain fin*. Grains de quartz anguleux, sensiblement isométriques (100 μ) accompagnés de rares débris de feldspath calcosodique dans une pâte composée de calcite microgrenue avec de temps à autre une plage où le carbonate de chaux est plus largement cristallisé et il est alors maclé. Les éléments phylliteux inclus dans cette pâte sont beaucoup moins abondants que la calcite. *Diagnose* : grès à ciment calcaire.

b) *Faciès grossier*. Le quartz est toujours en grains anguleux, mais cette fois très hétérométriques avec un maximum de 600 μ de largeur en section. Le feldspath est beaucoup plus abondant que précédemment, les grains détritiques non roulés peuvent atteindre 1 400 μ . Il n'existe que du feldspath calcosodique. La pâte est exclusivement phylliteuse. *Diagnose* : grès feldspathique à ciment phylliteux.

N° 30. *Poudingues siluriens, Bundorragha River, nord de Killary Harbour (Mayo)*.

a) *Faciès grossier*. Gros élément quartzeux (1 mm) émoussés ou roulés dominants, débris de quartzite beaucoup plus rares, feldspaths abondants : orthose, microcline, plagioclases, mais cependant moins fréquents que le quartz. Débris d'une roche volcanique basique roulés et altérés dans lesquels apparaissent encore des microlites indéterminables. La pâte est phylliteuse avec, dans certaines plages, de grandes lamelles de muscovite ou des paillettes aciculaires enchevêtrées, accompagnées d'une poussière de petits grains de quartz. *Diagnose* : poudingue à ciment phylliteux.

b) *Faciès quartzitique*. La roche est formée d'amas plus ou moins étendus composés de grains de quartz et de plagioclase étroitement juxtaposés sans aucune interposition de ciment. À la périphérie de ces îlots, des bourgeons de myrmékite se sont développés d'une façon très remarquable. Le

ciment, principalement constitué par du quartz en gouttelettes, présente lui-même une nette tendance à la structure de myrmékite. *Diagnose* : quartzite (très légèrement métamorphique).

N° 31. *Grès de Wenlock, rive sud de Killary Harbour (Galway)*. Grès grossier à grands quartz détritiques (1,5 mm à 2 mm au maximum) sans trace d'usure. Ce quartz, qui est très prédominant, est accompagné de feldspath potassique altéré et de feldspath calcosodique plus frais. L'importance du ciment est assez réduite, ce ciment est souvent phylliteux, mais il existe cependant quelques plages où il est constitué par du quartz microgrenu. *Diagnose* : grès à ciment phylliteux.

N° 34. *Série de Yoredale (Carbonifère supérieur, Avonien) à l'ouest de Ennis (Clare)*. Grains de quartz sensiblement isométriques (100 μ) avec une très petite quantité de feldspath calcosodique dans un ciment phylliteux très peu développé dans lequel apparaissent par place des aiguilles de muscovite. Autre échantillon à grain plus fin (60-80 μ) mais possédant les mêmes caractères lithologiques. *Diagnose* : quartzite grès.

N° 35. *Millstone Grit (Carbonifère supérieur) ouest de Ennis (Clare)*. La série sédimentaire se compose essentiellement de grès gris bleu, les dalles schisteuses sont très subordonnées. Grains de quartz anguleux et isométriques (80 à 120 μ) dans un ciment phylliteux très peu développé. *Diagnose* : quartzite grès.

N° 36. *Vieux grès rouge supérieur (couches de Kiltorcan) à Ballyduff (Kerry)*. Grains de quartz sensiblement isométriques (dimensions ordinaires 39 à 65 μ , quelques grains atteignent 130 μ) tous les grains sont anguleux, les extinctions roulantes sont rares. S'il a existé des feldspaths ils ne sont plus actuellement représentés que par des amas séricitisés. Muscovite en paillettes. Le ciment originaire devait être phylliteux mais il est parfois silicifié secondairement ou teinté par de l'hydroxyde de fer avec un peu de matière organique. Ce ciment est très peu développé, la roche est plus voisine d'un quartzite que d'un grès. *Diagnose* : quartzite grès.

N° 37. *Carbonifère supérieur, entre Ardagh et Athéa (Kerry)*. Les grains de quartz sensiblement isométriques (100 - 130 μ) forment parfois des plages quartzitiques assez étendues mais il existe aussi des plages à structure gréseuse dans lesquelles le ciment, assez peu développé, est phylliteux. Une petite quantité de feldspaths calcosodiques accompagne ce quartz. *Diagnose* : quartzite grès.

N° 38. *Vieux grès rouge, torrent de Derrymore (Kerry)*.

1^{er} faciès. Les grains de quartz sont moins isométriques que dans le vieux grès rouge supérieur de Ballyduff. Les grains de 130 à 150 μ sont plus abondants ainsi que ceux de 60 à 100 μ , cependant les grains de 30 à 60 μ sont encore très fréquents. Les formes anguleuses ou même esquilleuses dominent, mais on observe 5 à 10 % de grains dont le contour est émoussé, toutefois les sections elliptiques ou subcirculaires sont extrêmement rares et ne s'observent que parmi les plus gros grains. Les extinctions roulantes sont rares. Quelques couples de grains présentent la structure diablastique avec des extinctions roulantes. Le mica est très rare, il n'est guère représenté que par des amas de séricite. Le ciment phylliteux est plus développé que dans le vieux grès rouge supérieur. *Diagnose* : grès.

2^e faciès. Roche très hétérométrique, c'est presque un micropoudingue composé de gros éléments, en général roulés de 250 à 1 250 μ de diamètre. Ces éléments peuvent être simples, c'est-à-dire constitués par un seul grain de quartz, ou au contraire très complexes et formés par des débris roulés de microquartzites à grain fin. Quelques très rares feldspaths altérés ainsi que des débris schisteux à pâte silicifiée. Ciment très inégalement réparti ; il est composé de petits grains de quartz anguleux et d'un feutrage phylliteux plus ou moins largement développé. *Diagnose* : grès grossier.

N° 39. *Vieux grès rouge, torrent de Derrymore (Kerry)*.

3^e faciès. Grains de quartz très hétérométriques : 2 600 μ (très rares), 900 à 1 000 μ (plus abondants), 300 à 400 μ (fréquents et souvent roulés). Ces grains sont parfois simples mais le plus souvent à structure quartzitique. Les extinctions roulantes ne sont pas rares. Quelques rares débris de microcline et d'un plagioclase indéterminable. Amas de séricite coincés entre les grains quartziteux. Plages de calcite ancienne fortement teintée par de l'hydroxyde de fer et quelques plages de calcite claire (sans doute recristallisée) dans lesquelles les clivages pp (1 011 - 0111) = 105°5 sont reconnaissables. *Diagnose* : grès poudingiforme à ciment phylliteux et carbonaté.

N° 40. *Vieux grès rouge, Fermoyle Brandon Bay (Kerry).*

4^e faciès. Quartz en grains isométriques de 20 à 60 μ toujours anguleux, quelques rares grains d'environ 200 μ , également anguleux. Quelques aiguilles de séricite. Sous un fort grossissement le ciment apparaît constitué par de très fines aiguilles de séricite, il est très fortement teinté par de l'hydroxyde de fer qui le rend presque opaque, sauf sur les bords de la préparation où l'épaisseur est moindre. L'importance du ciment fait de cette roche un terme de transition entre un schiste et un grès. *Diagnose* : grès schisteux.

5^e faciès. Grains de quartz isométriques de 200 à 300 μ généralement anguleux sauf quelques grains émoussés parmi les plus gros. Séricite assez abondante en petits amas entre les grains, les lamelles sont souvent tordues. Ciment phylliteux avec quelques très petits grains quartzeux de 40 à 50 μ dans la masse phylliteuse. *Diagnose* : grès à ciment phylliteux.

N° 41. *Vieux grès rouge en galet, sur plage de l'Inch (Kerry).*

6^e faciès. Éléments hétérogènes et très hétérométriques. Débris de schiste roulés (500 μ à 1 500 μ). Débris de quartzite anguleux ou peu émoussés (jusqu'à 2 800 μ). Mica noir en lamelles déchiquetées et tordues (2 000 μ), fragments de calcaire anguleux (800 μ), grains de quartz à structure simple ou complexe de 300 à 450 μ (quartzite ou microquartzite). Le ciment est phylliteux avec de très petits grains quartzeux de 30 à 50 μ toujours anguleux. *Diagnose* : micropoudingue.

N° 42. *Vieux grès rouge supérieur (couches de Kiltorcan), Ballyheige (Kerry).*

7^e faciès. La roche est essentiellement composée d'un feutrage d'aiguilles phylliteuses ou de très petits amas sériciteux dont les clivages sont tordus. L'ensemble est fortement teinté par de l'hydroxyde de fer. Dans certaines plages de la préparation le quartz est rare. Les grains sont anguleux et ne dépassent pas 30 à 40 μ de \emptyset . Dans d'autres plages le quartz est plus abondant et la structure se rapproche de celle d'un grès très schisteux. Dans les plages où le ciment phylliteux domine les cristaux circulaires des phyllites peuvent être orientés. Quelques très rares fragments d'albite-oligoclase à contours anguleux, macle de l'albite à lamelles hemitropes serrées. *Diagnose* : schiste quartzeux.

8^e faciès. Grains de quartz anguleux sous les dimensions suivantes : 20 à 30 μ assez peu abondant, 40 à 65 μ très abondant, >65 μ rares. Ciment phylliteux peu développé, très obscurci par de l'hydroxyde de fer, la préparation n'est transparente que sur les bords plus amincis. Cristaux aciculaires de biotite orientés en couches subparallèles discontinues. *Diagnose* : grès schisteux légèrement métamorphisé.

9^e faciès. Grains de quartz isométriques de 100 à 200 μ avec dominance de l'une à l'autre de ces dimensions suivant les plages. Tous les éléments sont anguleux. Certaines parties de la préparation sont quartzitiques d'autres sont gréseuses. Débris d'albite-oligoclase à fines lamelles hemitropes. Peu de séricite. *Diagnose* : grès quartziteux.

N° 43. *Vieux grès rouge supérieur, à Helvick près Dungarvan (Waterford).* Grain moyennement hétérométrique de 100 à 300 μ . Lorsque les plages sont quartzitiques les grains sont en général isométriques. Quelques rares plagioclases acides, microcline encore plus rare. Biotite aciculaire rare. Ciment phylliteux dans lequel apparaissent de très rares intercalations calciques. *Diagnoses* : grès quartzite.

N° 45. *Grès et poudingue carbonifère au nord du lac Eske (Donegal).* Poudingue gris à grosses glandules de quartz assez anguleuses, les grains de quartz roulés sont relativement peu abondants. Le feldspath est abondant souvent en grains roulés, toujours très altéré et friable. Il existe une petite quantité de muscovite disséminée dans le ciment qui est argilo-calcaire. *Diagnose* : poudingue à ciment argilo-calcaire. La granulométrie de ce poudingue est très hétérométrique, il existe des faciès à très gros éléments quartzeux et feldspathiques (> 10 mm) dont les autres sont émoussés.

Le grès est arkosique à grain relativement grossier ; on y rencontre les mêmes constituants que dans le poudingue mais ils sont beaucoup mieux classés. *Diagnose* : grès arkosique.

N° 47. *Poudingue carbonifère, au nord de Lack (Fermanagh)*. Ce poudingue contient de très gros éléments quartzeux parfois roulés ou simplement émoussés mais parfois assez anguleux. Le feldspath, qui est relativement peu abondant est extrêmement altéré. La muscovite est abondante dans certains lits et rare dans d'autres. La pâte est argilo-calcaire. *Diagnose* : poudingue à ciment argilo-calcaire.

N° 48. *Poudingue carbonifère d'Omagh (Tyrone)*. Poudingue grossier très hétérométrique, les galets de quartz sont relativement peu façonnés, certains sont seulement émoussés. Les galets de feldspath sont plus roulés que ceux du quartz. Les faces du clivage montrent parfois la macle de Carlsbad mais elle est souvent déformée. La pâte formée en majorité de sable quartzo-feldspathique avec un peu de muscovite est fortement agglomérée par un ciment siliceux. *Diagnose* : poudingue à ciment siliceux.

N° 51. *Grès carbonifère et galet du poudingue du même étage, Slieve League (Donegal)*. Gros galet quartzeux provenant du poudingue à très gros éléments. Grès à grains de quartz homométriques, disposés en lits continus de 1 à 1,5 mm d'épaisseur, séparés par des zones feldspathiques dont les éléments sont extrêmement altérés. *Diagnose* : grès très grossier à pâte phylliteuse.

N° 53 bis. *Vieux grès rouge, Cofer y Bryn, Gower (Glamorgan, Pays de Galles)*.

Faciès grossier : poudingue à gros éléments quartzeux (15 mm) en général bien roulés ou au moins fortement émoussés dans une pâte siliceuse à grains de quartz hétérométriques dans un ciment argilo-siliceux. *Diagnose* : poudingue.

Faciès fin : grès à éléments quartzeux assez homométriques, avec quelques feldspaths très altérés, pâte phyllito-siliceuse. *Diagnose* : grès à pâte phylliteuse.

N° 54. *Nouveau grès rouge (Permo-trias), près de Weston super Mare (Somerset, Angleterre)*. *Diagnose* : grès à grain très fin à pâte phylliteuse assez fissile.

N° 55. *Hangman - Grit dévonien, Quantock Hills (Somerset)*. *Diagnose* : Grès quartziteux à grain fin, à pâte siliceuse, quelques très rares feldspaths.

e) *Schistes.*

N° 10. *Schistes pélitiques dalradiens et filons associés, Creesbough et Dunfanaghy (Donegal)*.

1^{er} type : quartz sensiblement isométrique (100 à 160 μ) accompagné de grains de 40 à 60 μ . Ce quartz est disposé en lits continus ou discontinus suivant l'abondance du mica qui a la même disposition avec parfois intercalation de grains de quartz. L'albite maclée albite est très rare (en éléments de 100 à 160 μ). Magnétite rare. *Diagnose* : schiste gréseux.

2^e type : le grain est beaucoup plus fin que précédemment, il n'apparaît qu'une très faible quantité de quartz dans cette roche qui semble presque entièrement formée de paillettes de séricite. *Diagnose* : séricitoschiste.

Composition minéralogique volumétrique déterminée au compteur de points : quartz 59,2 %, albite 0,1 %, séricite 40,1 %, magnétite 0,6 %.

N° 13. *Schiste ardoisier dalradien, Muckishgap, pente face au Muckish (Donegal)*. Lits phylliteux formés de minéraux aciculaires enchevêtrés contournant des amandes de quartz ou de calcite. Ces lits phylliteux sont parfois obscurcis par de la matière organique ou de l'hydroxyde de fer. Les filonnets et les glandules de quartz sont formés d'un gros grain allongé accompagné de quelques autres plus petits ou de grains quartzitiques dénués de ciment. La calcite forme aussi des glandules dont le quartz constitue parfois les extrémités. Parfois, les filonnets sont exclusivement constitués de calcite mais on observe aussi des zones sans doute intensément broyées, où la calcite et le quartz sont associés. La calcite qui a cristallisé en dernier englobe souvent le quartz. *Diagnose* : schiste phylliteux à amandes calcaires et siliceuses.

Composition minéralogique volumétrique déterminée au compteur de points : quartz 20,1 %, calcite 27,2 %, phyllites 52,7 %.

N° 20. *Schiste d'âge probablement moïmien, Neck of the Ballagh (sud d'Ardara, Donegal)*. Ce schiste est essentiellement constitué par des grains de quartz sensiblement isométriques, anguleux ou

très peu émoussés, il ne semble pas exister de grains à contour très arrondi. Le mica muscovite est très abondant sensiblement aligné dans la roche où il forme des lits parfois discontinus mais où il peut former des intercalations excluant le quartz. Il existe quelques très rares feldspaths acides. *Diagnose* : schiste quartzeux.

N° 21. *Schiste dalradien, du flanc sud des Mts Croaghgorm (Donegal)*. Les micas sont très abondants principalement la biotite qui constitue des amas de lamelles enchevêtrées, a dichroïsme très accentué ; cependant, dans certaines plages de la préparation les micas sont beaucoup plus rares et disséminés dans la masse des grains quartzeux. La muscovite est rare et on la rencontre associée à la biotite dans quelques amas particulièrement riches. Le quartz est localement abondant, il présente des phénomènes très nets de silicification secondaire qui ont nourri ou cimenté plusieurs grains voisins ne présentant plus actuellement qu'une seule orientation optique. *Diagnose* : schiste quartzeux.

N° 27. *Schiste ordovicien ou silurien (Ludlow ?) sud de Louisburgh (Mayo)*. Très petits grains de quartz anguleux disposés en lits très discontinus dans une pâte phylliteuse extrêmement fine qui contient en outre de la muscovite aciculaire et quelques très rares feldspaths calcosodiques dont les sections sont allongées normalement à gl (010). La roche est parsemée de petits amas sombres ou opaques en lumière transmise, dus à des concentrations de matière organique. *Diagnose* : schiste.

N° 28. *Ardoises ordoviciennes, Doo Lough, sud de Louisburgh (Mayo)*. Très petits grains de quartz disséminés ou au contraire groupés en petits amas dans une masse extrêmement compacte d'éléments phylliteux n'excédant pas quelques dizaines de microns. Ils peuvent être disposés en lits subparallèles mais en général ils sont enchevêtrés. *Diagnose* : schiste.

N° 33. *Dalradien, près de Maam Cross, Connemara (Galway)*. Très petits grains de quartz anguleux dans un feutrage de phyllites aciculaires présentant dans certaines plages des amas plus sombres dus à des concentrations de matière carbonneuse. *Diagnose* : schiste.

f) Calcaire.

N° 1. *Calcaire carbonifère, plaine centrale, 1/2 mille à l'est de Tulsk près Strokestown (Roscommon)*. Calcaire organogène avec foraminifères abondants : *Miliolidæ*, *Cornuspiridæ*, *Spirilinidæ* et Globigérines. Piquants d'oursins, gros débris coquilliers, lamellibranches et gastéropodes, quelques rares spicules de spongiaires calcifiés. Les gros débris sont parfois recristallisés en une mosaïque de calcite claire. Petits galets de 800 à 1 200 μ de calcaire cryptocristallin, quelques rares débris de bryozoaires. La pâte est composée d'une boue calcaire finement cristallisée. *Diagnose* : calcaire organogène.

Composition volumétrique déterminée au compteur de points : gangue claire de calcite grenue 54.1 %, gros organismes (gastéropodes et lamellibranches) 22.7 %, *Miliolidæ* 5.6 %, *Cornuspiridæ* et *Spirilinidæ* 1.0 %, Calcisphères 2 %, Globigérines 0.6 %, boue calcaire brunâtre 14,8 % .

N° 12. *Calcaire dalradien, Dunfanaghy (Donegal)*. Calcite largement cristallisée et maclée (diamètre maximum des grains 400 μ). Quelques grains de quartz irréguliers (60 à 100 μ) à contour capricieux. Ils sont très inégalement répartis dans le calcaire : ils peuvent former des amas irréguliers plus ou moins allongés comme de petits filonnets ou, au contraire, être disséminés. *Diagnose* : calcaire cristallisé.

N° 19. *Calcaire dalradien de Portnoo, près de Maas (Donegal)*. Structure grenue. Calcite largement cristallisée et maclée en grains portant en inclusion des petits grains de quartz à angles émoussés ou à contour arrondi et plus rarement des inclusions de muscovite. *Diagnose* : calcaire cristallisé grenu.

N° 44. *Calcaire carbonifère du lac Erne, face à Duck Island (Fermanagh)*. Calcaire gris arkosique grossièrement lité. Certains lits sont très riches en muscovite et la roche prend l'aspect d'un micaschiste. La fissilité de la roche est augmentée par la présence de ce mica. *Diagnose* : calcaire à éléments détritiques.

N° 49. *Calcaire carbonifère de St John's Point (Donegal)*. C'est un calcaire noir, très largement cristallisé avec de grands cristaux de calcite noire à clivages miroitants. La pâte est constituée par de la calcite finement grenue. Il existe des filonnets de calcite secondaire. *Diagnose* : calcaire cristallin.

N° 50. Craie crétacée (altérée sous basalte), Whitehead (Antrim). Organismes : *Globigerinidæ*, *Miliolidæ*, *Textularidæ*, *Rotalidæ*. Calcisphère à croix noire, nombreux petits débris de gastéropodes et de lamellibranches. Cependant, la roche renferme surtout des globigérines, les autres foraminifères ne figurant que pour quelques exemplaires chacun. Pâte microcristalline très développée. *Diagnose* : calcaire à globigérines.

N° 53. Calcaire carbonifère à polypiers silicifiés, Rossharbour Point, lac Erne (Fermanagh). Les polypiers apparaissent très nettement dans les sections de la roche, ils sont constitués par de l'opale qui ressort en clair sur le fond calcaire sombre de la roche. La pâte est constituée par de la calcite cristallisée grenue.

N° 56. Greensand crétacé, Devon (Angleterre). Petits grains de quartz anguleux ou relativement peu émoussés dans une pâte calcaire bien développée et partiellement cristallisée. *Diagnose* : calcaire à quartz détritique très abondant.

2° LITHOLOGIE DES ROCHES DRAGUEES AU COURS DES CAMPAGNES DU « PRESIDENT-THEODORE-TISSIER »

Les positions des stations sont indiquées sur la carte géologique (fig. 11). Nous ne mentionnons ici que celles où des roches ont été draguées.

a) Campagne d'août 1954, sommet du banc Porcupine (prélèvements assez proches de ceux du 1^{er} groupe de COLE et CROOK).

Station 362, profondeur 140 m.

Quartz en grains anguleux à faible hétérométrie (60 à 120 μ) très peu de feldspath. La pâte est phylliteuse avec quelques plages calciques peu étendues. Petits amas de phyllite. *Diagnose* : grès à ciment phylliteux de type du vieux grès rouge.

Calcaire organogène avec foraminifères abondants : *Miliolidæ*, *Spirulinidæ*, *Globigerinidæ*. Piquants d'oursins abondants, débris de lamellibranches et de gastéropodes. Plages de calcite claire largement cristallisée alternant avec des zones où le ciment est constitué par une fine boue calcaire brunâtre. *Diagnose* : calcaire organogène carbonifère (semblable à celui du gisement terrestre n° 1).

Dans cette roche, les microfossiles sont rarement reconnaissables car leurs anfractuosités sont remplies de silice finement cristallisée et très souvent toute la structure interne a disparu. D'après le contour extérieur des sections on peut identifier des foraminifères et peut-être des petits polypiers. Les organismes sont inclus dans un feutrage d'algue calcaire que nous rapportons à des Girvanelles. *Diagnose* : calcaire silurien à Girvanelles.

Grains de quartz sensiblement isométriques (100 à 140 μ) accompagnés de très rares feldspaths calcosodiques. Le ciment phylliteux accompagné de petits grains de quartz est extrêmement réduit, le faciès quartzitique est prédominant. *Diagnose* : quartzite grès.

Station 371, profondeur 175 m.

Grains de quartz anguleux, peu hétérométriques (200 à 350 μ), feldspaths calcosodiques acides relativement abondants ; il existe des plages à structure quartzitique et d'autres dans lesquelles le ciment est bien développé. Ce ciment est en majorité phylliteux mais souvent obscurci par de la matière carbonneuse qui peut le rendre totalement opaque. *Diagnose* : quartzite grès.

Grains de quartz très hétérométriques. Les gros grains qui sont habituellement roulés peuvent atteindre ou même dépasser 1 mm. Ils sont inclus dans une mosaïque de quartz, de microcline et de plagioclase dont les dimensions varient de 100 à 200 μ . Ces minéraux forment des plages quartzitiques sans ciment. Certaines plages de la préparation sont constituées de petits débris quartziteux anguleux de 30 à 40 μ , accompagnés d'un feutrage phylliteux fort réduit. *Diagnose* : micropoudingue s'apparentant au 6^e faciès du vieux grès rouge de la plage d'Inch (Kerry).

Grains de quartz sensiblement isométriques (80 à 140 μ) accompagnés d'une petite quantité de feldspath calcosodique très frais tandis que le feldspath potassique est altéré. La roche contient des paillettes aciculaires de biotite et de muscovite orientées et formant des lits très discontinus. *Diagnose* : quartzite métamorphique analogue au quartzite dalradien de la station terrestre n° 32 près des Twelve Pins of Connemara (route de Clifden à Galway).

Quartz en grains émoussés, parfois très roulés, peu hétérométrique (200 à 350 μ) il est accompagné d'une notable quantité de feldspath calcosodique de mêmes dimensions, le feldspath potassique est beaucoup plus rare et très altéré. Le ciment phylliteux est très réduit dans certaines plages qui sont quartzitiques. Lorsqu'il est bien développé il est parsemé d'une fine poussière quartzreuse. *Diagnose* : quartzite grès à feldspath calcosodique s'apparentant au quartzite dalradien de la presqu'île de Rosguill.

Station 373, profondeur 170 m.

Gros grains quartzeux roulés hétérométriques (400 à 1 200 μ) avec une très petite quantité de feldspaths calcosodiques relativement frais mais les feldspaths potassiques sont très altérés. Le ciment phylliteux est réduit à un mince liseré cernant les grains dans certaines plages, mais plus développé dans d'autres plages où il existe en outre une fine poussière quartzreuse. *Diagnose* : grès grossier, arkosique s'apparentant au grès carbonifère au nord du Lac Eske.

Quartzite métamorphique analogue à celui dragué à la station 371 et s'apparentant comme lui au Dalradien des Twelve Pins of Connemara.

b) Campagne de mars 1957, partie sud et flancs SO et SE du banc de Porcupine.

Station 18, profondeur 820 m. Nomenclature des roches draguées : grès rouge, amphibolite, basalte, granite à microcline, schiste noir, dolérite, micaschiste.

ETUDE LITHOLOGIQUE DES PRINCIPAUX TYPES.

Quartz en grains atteignant au maximum 160 μ , toujours anguleux, quelques très rares feldspaths assez fortement altérés, des glandules sériciteuses qui sont dominantes et proviennent très probablement de l'altération d'un minéral qui a totalement disparu. Le ciment est fortement imprégné d'hydroxyde fer ; sous un fort grossissement, il se résout en une multitude de petits granules. Ce « ciment » pourrait très bien être une trame de bryozoaires ou d'un organisme quelconque dont les logettes seraient remplies par les grains détritiques. Mais il ne subsiste aucune trace de structure permettant de l'affirmer. *Diagnose* : schiste ferrugineux ? Il ne s'apparente à aucune des roches récoltées à terre.

Quartz en gros grains de 400 à 1 000 μ nettement usés, parfois à section circulaire ou ellipsoïdale, feldspath abondant aux mêmes dimensions : microcline, plagioclases, orthose. Quelques grains de roche volcanique très altérée mais encore reconnaissable à ses microlites. Ciment de pores très réduit. *Diagnose* : grès grossier du Silurien.

Quartz en grains hétérométriques (100 μ à 600 μ) certains sont anguleux, d'autres nettement émoussés. Il existe des grains quartzitiques, un peu de feldspath. Le ciment est largement développé en plages phylliteuses parsemées de petits débris quartzeux, dans certaines parties le ciment est carbonaté. *Diagnose* : grès grossier du type vieux grès rouge du Kerry.

Débris de phénocristaux d'olivine dans une masse entièrement serpentinisée. *Diagnose* : basalte serpentinisée.

Grandes lamelles de biotite et de muscovite orientées en lits entre lesquels apparaissent quelques glandules de quartz et d'apatite. *Diagnose* : micaschiste (différent du micaschiste dalradien décrit plus haut).

La roche est composée d'une alternance de lits riches en quartz et de lits qui en sont presque totalement dépourvus et dans lesquels la masse phylliteuse extrêmement fine existe seule. *Diagnose* : schiste gréseux s'apparentant aux schistes pélitiques dalradiens de Creeslough et Dunfanaghy (Donegal).

Phénocristaux de feldspath très altérés et indéterminables. La pâte microlitique moins altérée

que les phénocristaux (andésine à 40 % d'anorthite) l'augite est très altérée mais encore identifiable. *Diagnose* : basalte à augite s'apparentant au basalte tertiaire en dyke des Monts Derryveagh (Donegal).

Roche entièrement microlitique sans phénocristaux, le barylite est très altéré et méconnaissable. Les microlites paraissent être de l'andésine. *Diagnose* : dolérite ? D'après sa structure, cette roche serait à rapprocher des dolérites tertiaires des Monts Croaghgorm (Donegal), mais la détermination lithologique est trop incertaine pour qu'on puisse l'affirmer.

Feldspaths microlitiques sans phénocristaux (andésine à 45 % d'anorthite). Augite très altérée en général, mais cependant reconnaissable dans certaines parties de la préparation. Structure ophitique. *Diagnose* : dolérite tertiaire.

Phénocristaux de feldspath en amas très complexes constitués par plusieurs cristaux d'andésine-labrador, microlites de petite taille associés à l'augite en structure ophitique. Quelques rares cristaux d'olivine, magnétite abondante. Roche vacuolaire. *Diagnose* : basalte s'apparentant au basalte supérieur tertiaire de la Giant's Causeway (Antrim).

Station 19, profondeur 450 m.

Nomenclature des roches draguées : calcaire sublithographique portant des perforations de clones, quartz filonien, schiste ardoisier noir, quartzite.

ETUDE LITHOLOGIQUE. Valves d'ostracodes ou section entière, quelques rares spicules de spongiaires calcifiés reconnaissables à leur forme fourchue mais sans identification possible du canal. La pâte est finement microcristalline avec de temps à autre quelques plages plus largement cristallisées à contour diffus. *Diagnose* : calcaire à Ostracodes ne figurant pas parmi les échantillons récoltés à terre.

Station 22, profondeur 820 m. Graviers dragués : grès rouge, quartz filonien, basalte.

Station 24, profondeur 330 m. Nomenclature des roches draguées : basalte, granite à feldspath alcalin, micaschiste, grès, gneiss, diorite.

ETUDE LITHOLOGIQUE DES PRINCIPAUX TYPES.

Quartz sensiblement isométrique (200 à 300 μ) accompagné d'une très faible quantité de microcline et de plagioclase. La structure est typiquement quartzitique sans aucune interposition de ciment, biotite en lamelles aciculaires orientées. *Diagnose* : quartzite métamorphique, analogue au quartzite dalradien, Twelve Pins of Connemara.

Orthose maclée Carlsbad, oligoclase. Andésine à 35 % d'anorthite maclée albite Carlsbad très abondante. Biotite accompagnée d'une petite quantité de muscovite en paillettes déformées constituant des lits discontinus, quartz en grandes plages à extinctions roulantes mais surtout en petits éléments à structure diablastique. *Diagnose* : gneiss calco-alcalin ne s'apparentant pas aux roches récoltées à terre.

Station 30, profondeur 780 m.

La drague s'est accrochée au fond, la bosse cassante a cédé, la drague remonte retournée. Le filet extérieur est déchiré et hors d'usage. Une branche de corail arrachée au fond rocheux.

Station 34, profondeur 810 m.

Un seul échantillon ramené par la drague : structure micropegmatitique. Roche hololeucocrate exclusivement composée d'orthose et de quartz. Les deux minéraux ayant cristallisé simultanément. *Diagnose* : micropegmatite potassique. Sans analogie avec les roches récoltées à terre.

Station 36, profondeur 440 m.

La drague croche le fond et remonte retournée, la bosse cassante ayant cédé. Fond rocheux dont aucun échantillon n'a été ramené.

Station 38, profondeur 440 m. Nomenclature des roches draguées : quartzite, granite, grauwacke, amphibolite, syénite, calcaire.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DES PRINCIPAUX TYPES.

Grains de quartz isométriques (140 à 220 μ) très roulés, la silification du grès l'a transformé en quartzite mais n'a pas effacé, en général, la forme originelle des grains dont le degré d'usure apparaît nettement. La structure est nettement quartzitique, sauf en quelques plages restreintes où les grains sont cernés d'une mince pellicule phylliteuse. *Diagnose* : quartzite. Cette roche est plus silicifiée que le vieux grès rouge et ne renferme pas de feldspath. Ces deux disparités ne permettent pas de l'assimiler aux roches récoltées à terre.

Grands cristaux de hornblende commune aciculaire, associée à une petite quantité de biotite en fines paillettes. Les coupholites sont représentés par du quartz et un plagioclase du type oligoclase - andésine. Minéraux accessoires : sphène abondant, apatite, zircon. *Diagnose* : amphibolite. Aucune roche de ce type n'a été récoltée à terre.

Roche assez fortement altérée. Les feldspaths sont du groupe oligoclase - andésine à 30 % d'anorthite accompagnés d'une petite quantité d'orthose, lépidomélane abondante avec actinote moins fréquente. Le quartz n'apparaît qu'à la faveur d'une silification secondaire il est en petits grains très rares. *Diagnose* : syenite. Aucune roche de ce type n'a été récoltée à terre.

Orthose et microcline assez abondants, albite - oligoclase à 20 % d'anorthite. Biotite peu abondante, quartz en groupements pœcilitiques et diablastiques avec les feldspaths ainsi qu'en plages indépendantes plus étendues que les précédentes. *Diagnose* : granite gneissique à microcline s'apparentant au granite gneissique des Monts Croaghgorm (Donegal).

La roche est uniquement constituée par une section de bryzoaire dont les logettes initialement remplies d'hydroxyde de fer se sont trouvées totalement ou partiellement vidées au cours du polissage. *Diagnose* : calcaire à bryzoaire. Aucune roche de ce type n'a été récoltée à terre. Mais à rapprocher des calcaires crétacés à globigérines.

Station 39, profondeur 500 m.

Nomenclature des roches draguées : calcaire perforé par des mollusques lithophages, gneiss, bloc anguleux de calcaire, quartz filonien tourmalinifère, schiste, bloc anguleux de calcaire fossilifère.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DES PRINCIPAUX TYPES.

Organismes : bryzoaires abondants en débris plus ou moins importants. Foraminifères : globigérines abondantes, *Textularidæ*, *Rotalidæ*, *Purulinidæ*. Débris de gastéropodes, spicules calcifiés de spongiaires, débris d'ostracodes. Le ciment est constitué par une fine boue calcaire à structure microgrenue presque cryptocristalline. *Diagnose* : calcaire à globigérines et à bryzoaires analogue à la craie crétacée de Whitehead.

Foraminifères : globigérines abondantes, *Purulinidæ*, *Miliolidæ* rares, débris de bryzoaires. Débris d'ostracodes rares, spicules de spongiaires calcifiés, débris de piquants d'oursins, glauconie abondante. Minéraux détritiques : quartz et feldspath calcosodique. Ciment de calcite microcristalline. *Diagnose* : calcaire glauconieux à globigérines, s'apparente à la craie crétacée.

Station 40, profondeur 480 m.

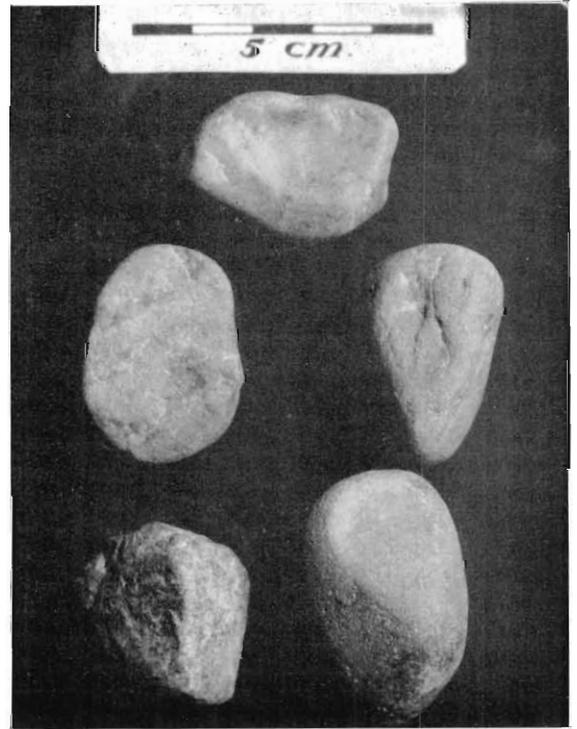
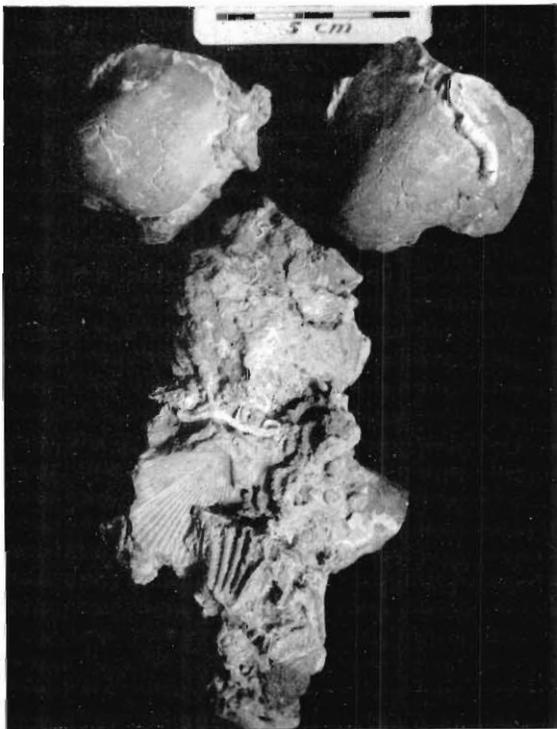
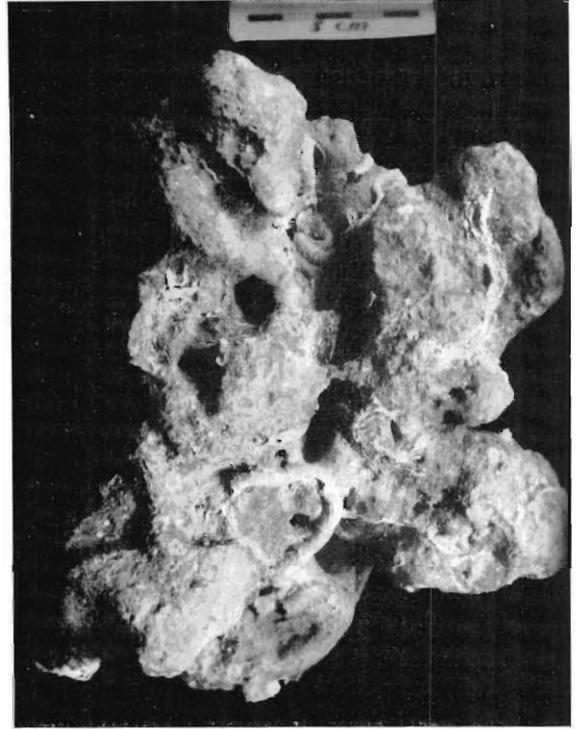
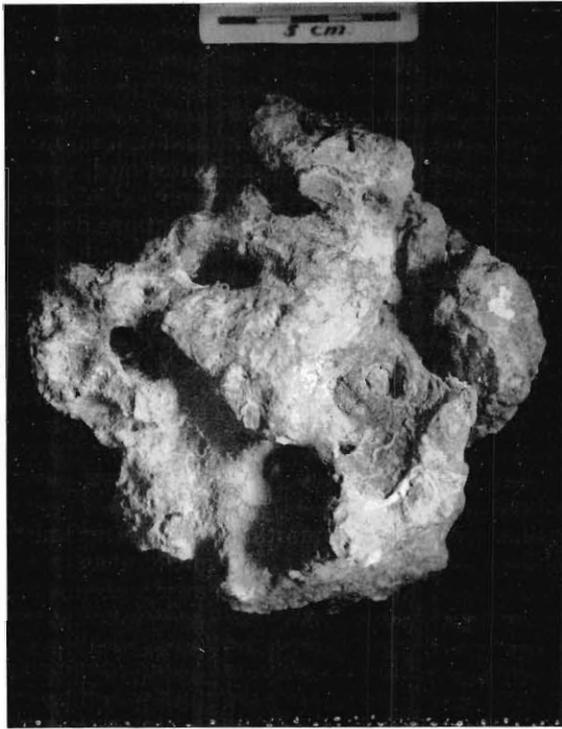
Nomenclature des roches draguées : deux gros blocs de calcaire perforés par des mollusques lithophages (fig. 12 et 13), 10 blocs anguleux de calcaire fossilifère, schiste, quartzite, basalte, diorite, quartz filonien (fig. 14).

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE. Foraminifères : globigérines extrêmement abondantes, avec quelques très rares *Miliolidæ*. Gros spicules calcifiés de spongiaires, débris de piquants d'oursin ; glauconie rare. Minéral détritique : quartz, ciment de calcite micro-cristalline. *Diagnose* : calcaire à globigérines s'apparentant à la craie crétacée.

Station 42, profondeur 460 m. Un galet de schiste noir ardoisier.

Station 46, profondeur 320 m.

La drague travaille durement sur le fond, elle revient polie et striée sur le bord d'attaque. Elle a rencontré une roche compacte qu'elle n'a pu entamer.



Clichés C^HAMBOLLE.

FIG. 12 à 15. — En haut (fig. 12 et 13) *st.* 40, dragage à 480 m de profondeur : deux échantillons de calcaire à globigérines perforé par des mollusques lithophages. En bas. A gauche (fig. 14) *st.* 40 (480 m) calcaire fossilifère dragué. A droite (fig. 15) galets ayant subi une usure différentielle.

Station 51, profondeur 410 m.

Deux coups de drague infructueux. Au deuxième essai, la bosse cassante cède et la drague remonte encore vide. Fond rocheux.

c) Campagne de mars 1957, bordure NE et E de la baie Porcupine (prélèvements assez voisins du 3^e groupe de COLE et CROOK et du n^o 95 de PEACH).

Station 54, profondeur 800 à 900 m.

Dragage infructueux, cependant la drague a touché le fond puisqu'elle rapporte une étoile de mer et une coquille vide.

Station 55, profondeur 800 m.

Nomenclature des roches draguées : granite leucocrate, diorite, basalte altéré, granite à mica noir, micachiste, quartz filonien, quartzite gris foncé, grès à ciment phyllito-calcaireux, grès psammitique, silex.

Station 58, profondeur 750 m. Nomenclature des roches draguées : gneiss, grès.

d) Campagne de mars 1957, O SO des îles Scilly.

Station 4. Cette station, hors série, ne figure pas sur la carte géologique ; sa position est la suivante : lat. N 49° 40 - long. O Gr. 7° 17', profondeur 250 m.

Gros éléments quartzeux roulés ou au moins très émoussés, quelques débris de quartzite, feldspaths beaucoup plus rares que le quartz : orthose et plagioclase ; débris d'une roche volcanique basique à très fins microlites. Ciment phylliteux renfermant souvent de petits grains de quartz. *Diagnose* : Poudingue à ciment phylliteux, s'apparentant au faciès grossier du n^o 30 terrestre. Poudingue silurien de Bundorragha River (nord de Killary Harbour).

IV. - MORPHOSCOPIE DES ROCHES DRAGUEES

L'étude morphoscopique a exclu tous les blocs dont la longueur est inférieure à 30 mm. Nous avons utilisé l'indice d'émoussé de premier ordre qui est très caractéristique et pour lequel la documentation de référence est importante.

Les mesures ont été faites sans tenir compte de la nature lithologique des blocs, mais, cependant, nous avons négligé les silex qui ont une forme très capricieuse, difficilement comparable à celle des autres roches et qui, d'autre part, n'étaient pas assez abondants pour justifier une série de mesures particulières. Les résultats obtenus sont les suivants :

r étant le plus petit rayon de courbure,

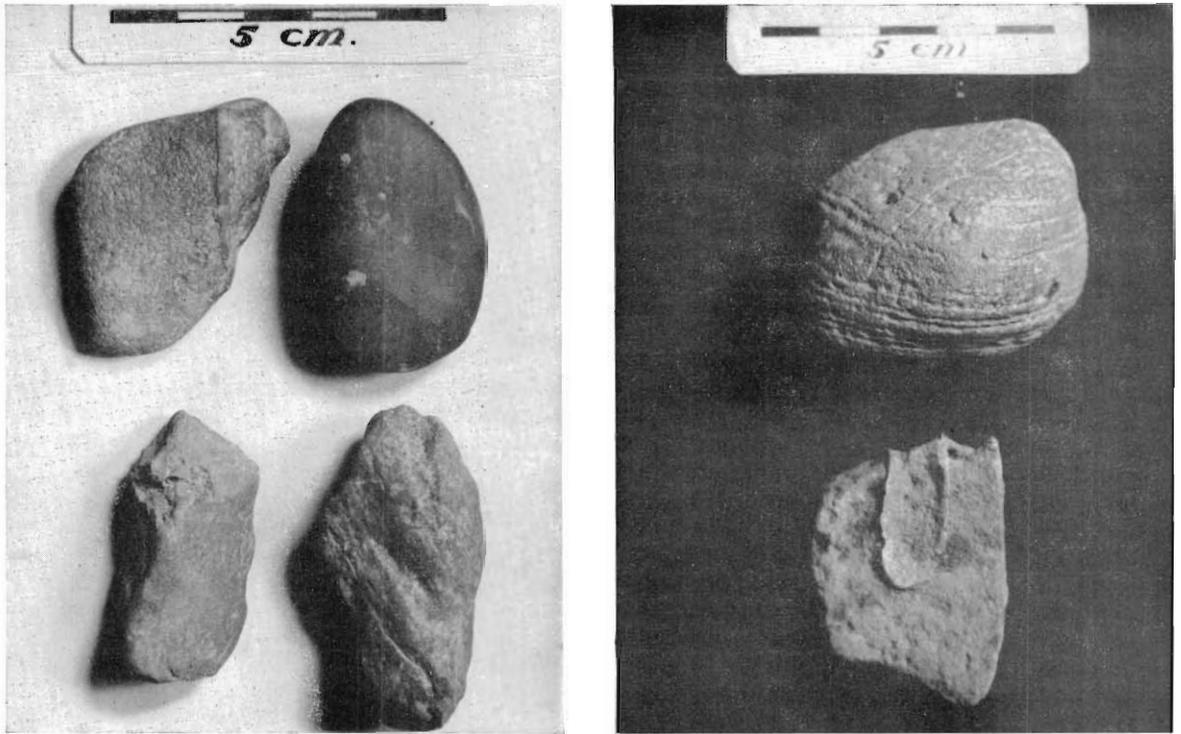
L étant la longueur.

Valeur de $2 r/L$ (en millièmes) ..	0	50	100	150	200	250	300
Pourcentage des blocs	27 %	34 %	17 %	9 %	6 %	7 %	= 100 %

Ces chiffres montrent que les indices d'émoussé sont très faibles et que la valeur de la médiane est inférieure à 100 millièmes. De tels indices d'émoussé ont déjà été observés par A. GUILCHER, P. VALLANTIN, J.-P. ANGRAND et P. GALLOY (1957) dans leur étude des matériaux des cordons littoraux de la rade de Brest, où les « galets » fraîchement issus de coulées périglaciaires gardent encore en très grande partie, leurs caractères originels dérivant de la fragmentation par gélivation.

Ces indices sont inférieurs à ceux généralement obtenus pour des formations glaciaires et que donnent J. TRICART et R. SCHAEFFER (1950, p. 170-171). Toutefois, une interprétation périglaciaire se heurte ici à une grave objection : la profondeur à laquelle le plus grand nombre des échantillons ont été récoltés. Il est possible que le sommet du banc Porcupine ait été émergé au cours d'une régression glaciaire, ce qui n'implique pas un abaissement marin supérieur à 200 m. Mais la

partie sud et les flancs du banc, ainsi que le bord est de la baie Porcupine sont actuellement couverts de plusieurs centaines de mètres d'eau et il serait bien douteux qu'ils aient pu être exondés par le jeu des variations glacio-eustatiques du niveau marin. Si, au contraire, les mauvais façonnements qui s'observent sur les pierres draguées sont d'origine glaciaire, on peut admettre que ces pierres proviennent de la fonte d'icebergs issus des glaciers irlandais. PEACH admet une telle origine



Clichés CHAMBOLLE

FIG. 16 et 17. — Galets ayant subi une usure différentielle

glaciaire pour les façonnements des blocs qu'il a étudiés, en provenance du bord oriental de la baie Porcupine. Certains petits blocs, dragués par nous, dont nous donnons les photographies sur les figures 15, 16 et 17 présentent d'ailleurs des caractères pouvant fort bien être considérés comme ceux de galets glaciaires ; et, en certaines formations glaciaires, la médiane des indices d'éroulé est aussi basse qu'ici (TRICART et SCHAEFFER, 1950, fig. 9 b, p. 170).

En résumé, nous considérons comme vraisemblable que les petits blocs et galets à éroulé imparfait que nous avons dragués sont de façonnement plutôt glaciaire que périglaciaire dans leur ensemble, dans la mesure où ils ont reçu un façonnement. Ils auraient alors été transportés par des icebergs irlandais. Seuls, ceux des stations du sommet de Porcupine (362, 371 et 373) pourraient être, par leur position, des blocs à façonnement périglaciaire immergés *in situ*. Mais, même pour eux, l'hypothèse d'apports par glaces ne peut pas être exclue, et l'on doit même envisager la possibilité d'échouages d'icebergs, lors de périodes glaciaires durant lesquelles le niveau marin, bien que déprimé, ne l'était pas assez pour faire émerger le banc. De tels échouages, s'ils ont eu lieu, ont évidemment favorisé les apports par fusion de la glace.

CONCLUSIONS ET RESULTATS GENERAUX

Presque tous les types lithologiques que nous avons dragués ont pu être identifiés d'après les roches récoltées en Irlande ou en Grande-Bretagne. Les roches immergées dont les caractères microscopiques ne correspondent à aucun des échantillons récoltés à terre sont les suivantes :

STATION 18. *Micaschiste* différent du micaschiste dalradien récolté à terre. Cette disparité n'est pas très surprenante étant donné les variations habituellement observées entre des micaschistes d'une même série cristallophyllienne.

Calcaire à ostracodes, par la structure microcristalline de sa pâte, ce calcaire s'apparente à ceux du Crétacé récoltés à terre ; il en diffère par sa faune.

Gneiss à feldspaths calco-alcalins. Bien que nous n'ayons pas récolté cette roche à terre, elle y existe probablement car elle ne constitue pas une rareté lithologique.

STATION 24. *Micropegmatite potassique*. Cette roche, assez peu commune, ne correspond à aucun échantillon récolté à terre.

STATION 38. *Quartzite*, différent de ceux récoltés à terre mais on sait combien des roches peuvent présenter de variétés dans un gisement quelque peu étendu, tant dans la répartition granulométrique des constituants que dans leur nature minéralogique.

Amphibolite. Cette roche n'a pas été récoltée à terre mais elle y existe. Il en est de même pour la *Syénite* qui provient du même dragage. Ces deux roches sont déjà signalées par P. N. PEACH à la station de dragage du « Michael Sars ».

En définitive, exception faite de la micropegmatite potassique de la station 24, toutes les roches récoltées au cours de nos dragages existent en Irlande ou dans le sud-ouest de la Grande-Bretagne. Il est fort probable que la micropegmatite y existe également mais, même dans le cas contraire, il nous paraît impossible d'envisager, pour un seul échantillon, un apport particulier.

Que doit-on conclure de cette analogie ? Doit-on en inférer que le banc Porcupine et le bord oriental de la baie Porcupine sont constitués des roches qu'on y a draguées et qu'ils ressemblent aux Iles Britanniques qu'ils prolongent ? Ou bien, que les roches draguées sont des apports en provenance des Iles Britanniques ? Ou encore, la solution doit-elle être intermédiaire ?

Un fait qui doit être bien souligné est que, de même que nos prédécesseurs, nous n'avons pas ramené d'éléments de roches paraissant en place, mais seulement de petits blocs libres, dont au moins un certain nombre ont reçu un façonnement que nous avons discuté, et qui sont accompagnés de sédiments sableux ou limoneux dont nous avons caractérisé les types granulométriques.

Au sommet du banc, les résultats de COLE et CROOK ont fait ressortir, aux quatre prélèvements qu'ils ont décrits, un très fort pourcentage, voire parfois une prédominance absolue, d'éléments de gabbros à olivine. Aux environs immédiats, le dragage du « Pourquoi-Pas ? » a ramené, d'autre part, exclusivement ou essentiellement du basalte. Or, dans l'interprétation de formations de ce genre, on peut se dire que, *plus les roches draguées en un point sont homogènes et moins il y a de chances d'apports extérieurs*. Tout bien considéré, il paraît donc vraisemblable ou probable qu'il y a, à cet endroit, un affleurement de gabbro et de basalte. Mais, en sens inverse, nos trois prélèvements 362, 371 et 373, dans des régions voisines du sommet du banc, nous ont fourni une large gamme de roches de types irlandais, sans gabbro ni basalte. Là, la variété est favorable à l'idée d'un apport, allogène et probablement irlandais. Quelles sont les roches que recouvre cet apport, nous n'en savons rien. Nous ne savons pas davantage, là et ailleurs dans l'aire considérée dans ce travail, à quelle profondeur se trouve la roche en place sous les sédiments ramenés dans les dragues. Les dépôts du sommet du banc peuvent avoir eu une histoire complexe. Ils peuvent dériver en partie d'apports par glaces lors de régressions glacio-eustatiques n'asséchant pas le banc, et, en partie, de remaniements périglaciaires de ces apports et de roches locales lors de régressions plus importantes asséchant certaines parties du banc. D'autre part, les sédiments sont ici les mieux classés de tous (type 1 et 2) ce qui implique encore une autre action : le classement par l'eau, probablement aussi à un moment où le niveau marin était assez bas.

Ainsi, on ne peut pas dire quelle est la nature de la roche en place dans l'ensemble du sommet du banc Porcupine. On ne peut le préciser que pour la région des dragages décrits par COLE et CROOK et par DANGEARD. Dans la partie S du banc, et sur les flancs SO et SE l'incertitude est encore plus grande. En effet, la profondeur est ici nettement plus forte, les chances d'émersion glacio-eustatique au Quaternaire deviennent très faibles ou nulles, et par conséquent, la représentativité des roches draguées diminue puisque la probabilité de leur origine glacio-marine s'accroît. Dans la mesure où les roches seraient représentatives, elles ne parleraient d'ailleurs pas en faveur d'un banc à prédominance basaltique puisque le basalte n'apparaît qu'à trois de nos stations (18, 24 et 40).

La variété lithologique des fragments de roches est généralement très grande. C'est un cas analogue à celui du banc Lousy, situé entre les îles Faroë et le banc de Rockall, et dont on a ramené un échantillonnage de roches représentées dans le nord de l'Irlande (CARRUTHERS, COLE et SOLLAS, 1923). D'autre part, le classement granulométrique est beaucoup plus mauvais dans ces régions plus profondes (types 4 et 5 et même 3, fig. 9), ce qui nous paraît témoigner aussi d'une origine glacio-marine avec intervention ultérieure et subsidiaire de courants marins de fond. Ces courants pourraient fort bien être dus aux phénomènes de *cascading* et de *capsizing* dont COOPER et VAUX (1949) (voir aussi GUILCHER et BEAUJEU-GARNIER, 1958, p. 47) admettent l'existence sur la pente continentale de la Mer celtique.

Il semble que l'on puisse espérer connaître, plus tard, la nature de la roche en place, car celle-ci doit affleurer sur le fond, par endroits, sans couverture meuble : c'est ce que font penser les coups de drague infructueux aux stations 36, 46 et 51 (voir plus haut). Il se peut que l'on ramène, ultérieurement, de ces hard-grounds, des blocs à cassure fraîche qui apporteraient une solution.

La considération des minéraux du groupe des Serpentes dans les sédiments complexes récoltés en de nombreuses stations est-elle de nature à faire avancer le problème ? La présence de ces minéraux implique des matériaux issus de l'altération de roches éruptives basiques. Si la source en était le gabbro révélé par le mémoire de COLE et CROOK, la teneur des vases en minéraux des serpentes devrait diminuer en s'écartant du gisement. Or, en fait, l'examen des courbes d'analyses thermiques ne montre pas de décroissance nette de ce genre. Et si le sédiment est glacio-marin, comme il semble d'après sa variété lithologique et le mauvais classement granulométrique des types 4 et 5, sa nature ne donne pas d'indications sur ce qui le supporte.

Un problème qui peut être considéré à part est celui du Crétacé. Il a déjà été invoqué dans l'introduction, puisque la description de COLE et CROOK et celle de PEACH dont nous avons parlé, avaient révélé l'existence de cette roche en divers dragages à l'ouest du Mayo et à l'ouest et au sud-ouest du Kerry. Nos propres prélèvements ont montré qu'il existe aussi, dans le sud du banc Porcupine, aux stations 39, 40 et peut-être 38 ; en outre, à la station 55 à l'ouest du Kerry, très proche de plusieurs dragages de COLE et CROOK qui incluent du Crétacé, nous avons ramené du silex. L'importance des échantillons de Crétacé recueillis à la station 40 serait assez favorable à l'idée d'un gisement local. Tout dépend de l'épaisseur des sédiments à cet endroit. En tout cas, si ce Crétacé a été transporté, il ne vient pas, nous l'avons déjà dit, d'Irlande : les glaces l'auraient amené de lieux situés entre l'Irlande et le banc et il en serait de même pour la craie et les silex dragués à l'ouest du Kerry.

La probabilité de Crétacé *in situ* en plusieurs endroits à l'ouest de l'Irlande est un résultat intéressant qui découle des travaux de COLE et CROOK, de ceux de PEACH et des nôtres. Elle vient à l'appui de l'idée d'une couverture crétacée ayant revêtu autrefois l'ensemble des Îles Britanniques, idée qui a été acceptée par de nombreux morphologues pour expliquer l'évolution du réseau hydrographique de Grande-Bretagne et d'Irlande. C'est un cas où la géologie marine apporte une contribution à la compréhension de la morphogénèse des terres émergées.

OUVRAGES CITÉS

- ANGEL (F.), 1930. — Stübachit und stübachitserpentin vom Ganoz. — *Zeit. Krist.*, **72**, p. 1-41.
- BECKE (F.), 1894-1895. — Olivinfels und Antigorit-Serpentin aus dem Stübachthal. — *Tsch. Miner. und Petromitthei*, **14** (2), p. 271-76.
- BENSON (W. N.), 1918. — The origin of serpentine, a historical and comparative study. — *Amer. Journ. Sc.*, **46** (4), p. 693-731.
- BERTHOIS (L.), 1957. — Recherches sur les sédiments de la Mer du Nord et de la Mer d'Irlande. — *Rev. Trav. Inst. sci. techn. Pêches marit.*, **21** (4), p. 485-554.
- BERTHOIS (L.) et LE CALVEZ (Y.), 1959. — Deuxième contribution à l'étude de la sédimentation dans le golfe de Gascogne. — *Rev. Trav. Inst. sci. techn. Pêches marit.*, **23** (3), p. 323-77.
- BUCKING (H.), 1902. — Beiträge zur Geologie von Celebes. — *Sammlg. Geol. Reichsmuseums Leiden*, **7** (1), p. 29-205.
- CAILLERE (S.), 1936. — Contribution à l'étude des minéraux des Serpentes. — *Bull. Soc. fr. Min.*, **59**, n° 3-5 (thèse).
- CARRUTHERS (J. N.), COLE (A. J.) et SOLLAS (W.), 1923. — Notes on some rock fragments dredged up between Faroë Bank and Rockall by the R. V. « George Bligh ». — *Geol. Mag.*, **60**, p. 462-7.
- CIRKEL (F.), 1910. — Chrysiruke Asbestos, its occurrence, exploitation milling and uses. — *Canada Dep. Mines*, **69**, 302 p.
- GRENVILLE, COLE (A. J.) et CROOK (T.), 1910. — On rock specimens dredged from the floor of the Atlantic off the Coast of Ireland, and their bearing on submarine geology. — *Mem. of the geol. Survey of Ireland*, p. 1 à 34.
- COOPER (L. H. N.) et VAUX (D.), 1949. — Cascading over the continental slope of water from the Celtic Sea. — *J. Marine*.
- DANGEARD (L.), 1928. — Observation de géologie sous-marine et d'océanographie relatives à la Manche. — *Ann. Inst. océanogr.*, **6** (1) n. s., 295 p.
- DUPARC (L.) et SIGG (H.), 1914. — Sur un gisement de Tourmaline dans une Serpentine de l'Oural. — *Bull. Soc. fr. Min.*, p. 14.
- DURIETZ (T.), 1935. — Péridotites, serpentines, and soapstones. — *Geologiska Föreläsningarna*, **57**, p. 133-260.
- GUILCHER (A.), VALLANTIN (P.), AUGRAND (J. P.) et GALLOY (P.), 1957. — Les cordons littoraux de la rade de Brest. — *Bull. Inf. C.O.E.C.*, n° 1, 9^e annéc. p. 21-54.
- GUILCHER (A.) et BEAUJEU-GARNIER (S.), 1958. — L'Europe du nord et du nord-ouest. I. Généralités. — Paris, Presses univ. France, 258 p.
- HESS (H. H.), 1933. — The problem of serpentinisation and the origin of certain Chrysotile asbestos tale and soapstone deposits. — *Econ. Geol.*, **28**, p. 634-57.
- HILL (M. N.), 1956. — Note on the bathymetric chart of the NE Atlantic. — *Deep Sea Res.*, **3**, n° 3, p. 229-31 (Carte hors texte en couleurs).
- LACROIX (A.), 1914. — A propos de la Tourmaline des Serpentes. — *Bull. Soc. fr. Min.*, **37**, p. 75.
- MERRILL (G. P.), 1890. — Notes of the serpentinous rocks of Essex country. — *New-York Proc. of U.S. Nat. Mus.*, **12**, p. 295.
- PEACH (B. N.), 1911-1912. — Reports on Rocks specimens dredged by the « Michaël Sars » in 1910, by H. M. S. « Triton » in 1882 and by H. M. S. « Knight Errant » in 1880. — *Proc. Royal Soc. Edinburgh*, **32**, part 3, p. 262-91.
- ROBINSON (A. H. W.), 1952. — The floor of the British seas. — *Scot. geogr. Mag.*, **68**, n° 2, p. 64-79.
- TRICART (J.) et SCHAEFFER (R.). — L'indice d'éroussé des galets, moyens d'étude des systèmes d'érosion. — *Rev. Gcom. Dyn.*, **1**, n° 4, p. 151-78.
- WARTHA (V.), 1884. — Über Serpentine im Allgemeinen und im speciallen über den von Montafun in Tirol. — *Földtani Közlöny*, p. 571-91.
- WEINSCHENK (E.), 1897. — Weitere Beiträge zur Kenntniss der Minerallagerstätten der Serpentine in den östlichen Centralalpen. — *Zeit. von Groth.*, **27**, p. 559-76.