

Etude séismique par réfraction au large de Roscoff (Finistère)

PAR

PIERRE MURAOUR, GILBERT BOILLOT et JACQUES MERLE (*)

*(Laboratoire de géophysique appliquée,
Université de Montpellier)*

(*) Nous remercions M. Olivier LEENHARDT pour le concours qu'il a apporté sur le *Pluteus II*, lors du déroulement des opérations.

BULLETIN DE L'INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE, MONACO N° 1228, 14 FÉVRIER 1962.

Fonds Documentaire ORSTOM



010006300

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : B* 6300 Ex: 1

La géologie de la région située au large de Roscoff est assez simple. Les terrains cristallins et primaires de la Bretagne se prolongent dans la Manche jusqu'à 65 mètres de profondeur, à 4 ou 5 kilomètres de la côte. Au-delà, une couche horizontale de calcaire éocène vient reposer au contact du cristallin, avec un faciès littoral. Le fond de la mer devient alors très plat, à peine incliné vers le nord-ouest [G. BOILLOT & Y. LE CALVEZ, 1961].

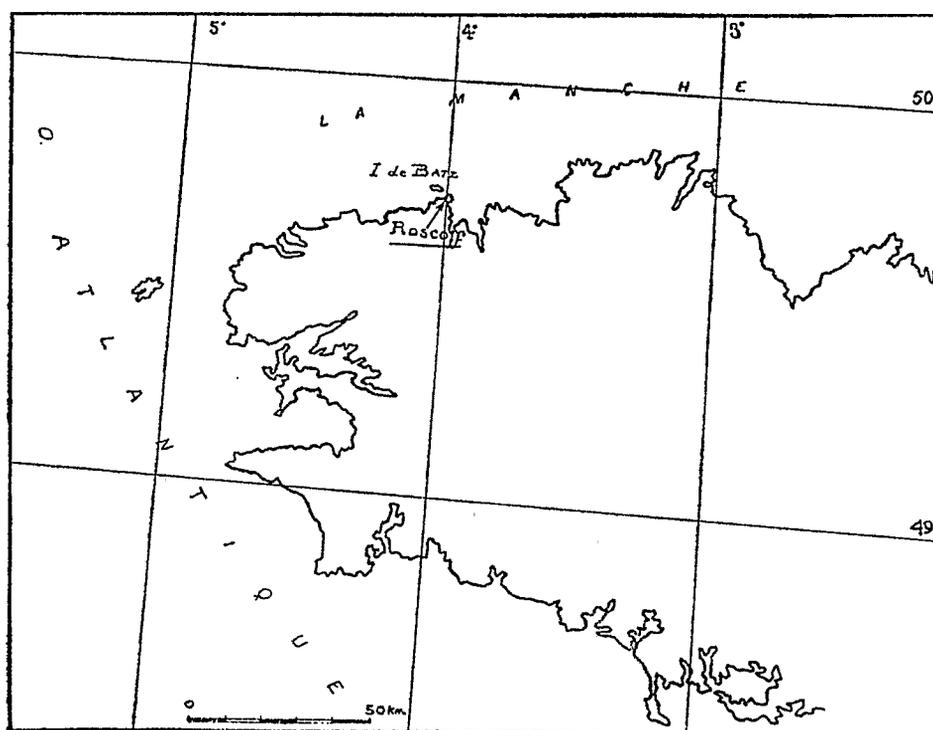


FIG. 1. — Emplacement de la région étudiée.

Cette surface du calcaire, ailleurs parfaitement plane, est cependant accidentée au N.-O. de Roscoff, à 6 km environ de l'île de Batz (fig. 2). A cet endroit, le sondeur révèle l'existence de dépressions fermées, en forme d'entonnoirs, qui sont des dolines fossiles, creusées au Quaternaire ancien dans la couche du calcaire éocène [G. BOILLOT, 1961]. Leur profondeur est variable. Mais, chaque fois que la dépression dépasse 10 à 12 mètres, on drague au fond une roche argileuse, généralement rouge vif ou lie-de-vin, parfois blanche ou bleuâtre. Des fragments de cette roche se retrouvent dans le calcaire éocène. Ce n'est donc pas une argile de décalcification, mais le substrat de l'Eocène qui affleure au fond des dolines.

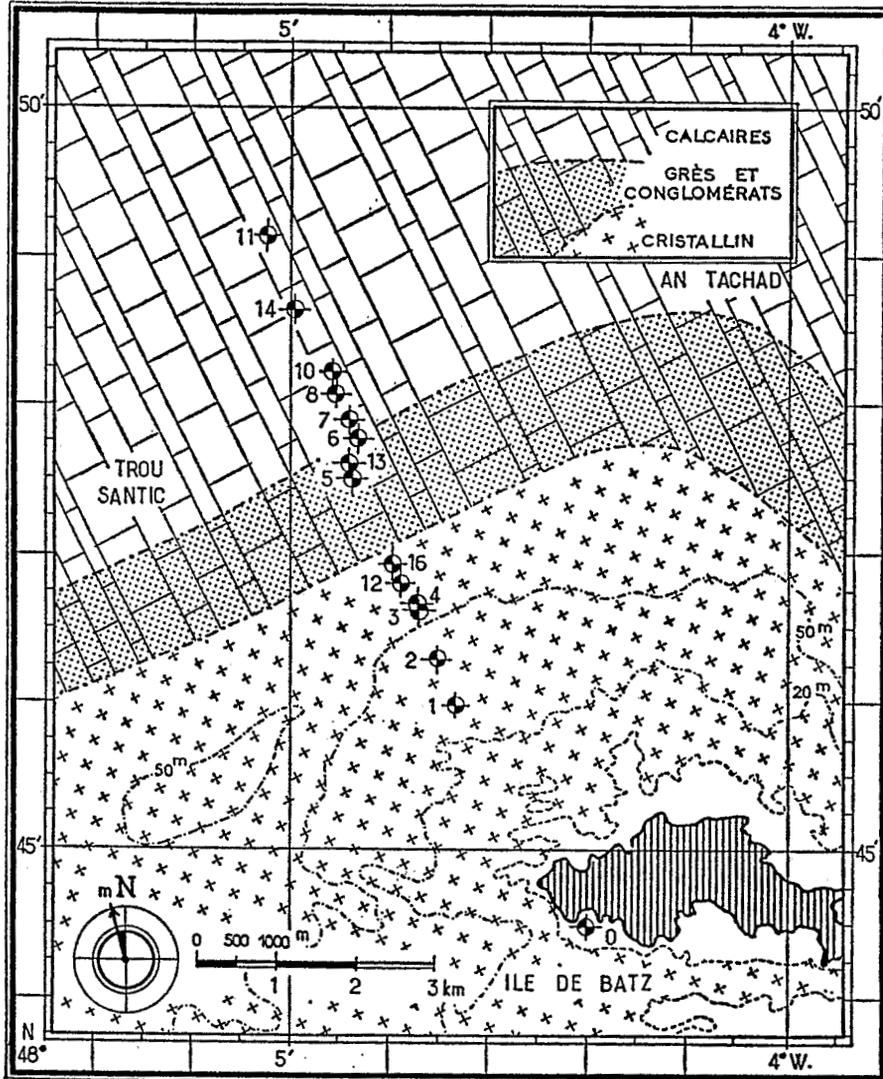


FIG. 2. — Carte géologique de la région située au large de Roscoff et emplacement des stations de tir.

Ces argiles rubéfiées peuvent être localisées, en dessous de l'Eocène, dans une « poche » peu épaisse, où, au contraire, être très puissantes. Dans ce dernier cas, on comprend mal comment se fait leur contact avec les terrains granitiques sur lesquels repose l'Eocène un peu plus au sud. N'y aurait-il pas là une faille, masquée par le bord de la couche calcaire, qui recouvre à la fois les argiles et le granite?

C'est pour tenter de résoudre ces problèmes que nous avons entrepris, au printemps 1961, cette étude géophysique (*). Dans ce domaine, nous venons à la suite des chercheurs britanniques [M.N. HILL & W.B.R. KING, 1953]. Les régions étudiées par ces auteurs s'arrêtant à la limite d'une vingtaine de kilomètres au nord de Roscoff, nous avons localisé nos tirs dans la zone inexplorée au voisinage de la côte et à l'endroit où furent récoltés les échantillons d'argile rouge.

APPAREILLAGE ET TECHNIQUE

Nous avons adopté pour cette étude la méthode par réfraction, qui est la plus appropriée aux travaux de séismique marine, mais qui nécessite l'emploi de deux bateaux. Ce fut au *Pluteus II*, navire adapté au travail au large, que revint le rôle de bateau boute-feu, tandis que l'enregistrement s'effectuait sur le *Pirate*, petit bateau de pêche de 15 m de long.

L'équipement du *Pirate* comprenait un enregistreur galvanométrique, dont une des pistes était impartie à l'inscription du moment de l'explosion transmis par radio, et trois pistes à l'enregistrement des ondes réfractées, reçues par l'intermédiaire d'un géophone et de deux hydrophones (**).

A bord du *Pluteus II*, la mise à feu des explosifs était électrique, commandée par une boîte de tir renfermant un hétérodyne dont les oscillations étaient transmises par radio à l'enregistreur du *Pirate* et interrompues à l'instant précis de la mise à feu (***) .

Comme source d'énergie nous avons utilisé de la dynamite gomme dont les charges variaient entre 5 et 15 kg (cf. Tableau), chacune d'entre

(*) Cette mission s'est effectuée grâce au concours financier de la Délégation générale à la recherche scientifique et technique, et nous devons beaucoup à M. le Professeur BOURCART qui nous a encouragé à présenter notre projet à cet organisme. La station biologique de Roscoff a prêté son bateau océanographique, le *Pluteus II*, tout en facilitant, à chaque instant, notre tâche sur place. Nous en remercions vivement son Directeur, M. le Professeur TEISSIER, ainsi que tout le personnel.

(**) Les hydrophones sont du type MP I Hall-Sears, sensibles aux pressions, avec une courbe de réponse plate entre 3 et 200 Hz. Le géophone est un géophone de réfraction de type classique, placé dans un lourd boîtier étanche. Les amplificateurs, du type TBF, ont une bande passante, en tension sinusoïdale, allant de 0,5 à 120 Hz environ. Ce sont les deux hydrophones, destinés à se vérifier mutuellement au cas où la houle viendrait à exercer une tension sur l'un des câbles, qui se révélèrent les plus satisfaisants.

(***) Un schéma de cet appareil sera donné par P. MURAOUR dans une prochaine publication.

elles ayant été suspendues à 20 m de profondeur, sous un flotteur de plastique coloré destiné à bien repérer sa position par rapport au bateau.

Station	Explosif (kg)	Profondeur (m)	(1) Distance ébranlement enregistrement (m)	Temps d'intercept. (s)	(2) $\frac{-K. \cos.i (s)}{V_1}$
1	5	48	3 130	0,563 ± 0,005	— 0,018
2	5	53	3 670	0,654 ± 0,010	— 0,021
3	6	64	4 330	0,807 ± 0,005	— 0,028
4	6,5	66	4 220	0,814 ± 0,010	— 0,029
12	5	69	4 740	0,845 ± 0,010	— 0,031
16	5	71	4 980	0,978 ± 0,015	— 0,032
13	10	80	6 300	1,160 ± 0,010	— 0,038
7	10	84	6 750	1,223 ± 0,005	— 0,041
8	10	85	7 100	1,275 ± 0,005	— 0,041
14	15	85	8 270	1,497 ± 0,015	— 0,041
11	15	90	9 200	1,690 ± 0,005	— 0,045

(1) cf. note infrapaginale page 5.

(2) cf. page 6.

Pour être mis à l'abri de la houle, le bateau enregistreur a dû mouiller dans une petite anse de l'extrémité ouest de l'île de Batz, tandis que le bateau boute-feu, au fur et à mesure de l'expérience, s'éloignait en direction N-NW, suivant un profil d'un peu plus de 9 km. Au cours de ce profil, 16 stations de tirs furent établies pour chacune desquelles la position fut calculée par système Decca (*) et la profondeur mesurée par sondages ultra-sonores, à bord du *Pluteus II*.

Sur les 16 tirs effectués, 5 n'ont pu être enregistrés (par suite de liaison radio défectueuse ou d'incidents techniques lors de la mise à feu), tandis que les 11 autres ont fourni des oscillogrammes satisfaisants, toutes les arrivées des ondes réfractées étant, en règle générale, particulièrement nettes.

(*) Précision de jour, dans la région de Roscoff : 50 m environ. Compte tenu des erreurs des appareils Decca, on peut estimer à 150 m environ l'erreur maxima de la distance bateau enregistreur-lieu de l'explosion, ce qui correspond à 3.10^{-2} s, si la transmission de l'ébranlement se fait par le granite.

Étant donné que tous les tirs ont été réalisés à une profondeur de 20 m et que la profondeur de la mer, entre la st. I et la st. II, variait de 48 à 90 m, nous avons effectué une correction dans le but de ramener, pour toutes les stations, cette profondeur à 20 m.

Soit S le point d'enregistrement, E le point d'ébranlement, h la profondeur de la mer, d la profondeur d'immersion des explosifs, V_1 la vitesse dans l'eau de mer et V_2 celle dans le granite (cette dernière n'ayant besoin d'être connue qu'approximativement étant donné la faible importance de ces corrections).

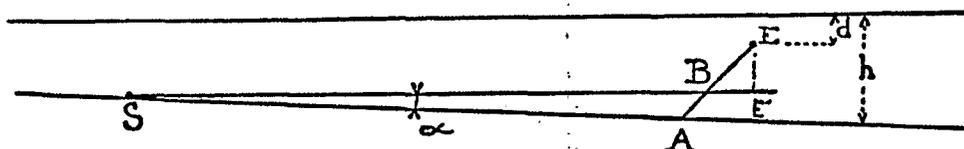


FIG. 3.

La dénivellation entre S et A étant très faible, l'angle α est négligeable (inférieur à 1/100 radian). On peut donc admettre $SB = SA$. De plus, posons $h-d = k$. Le temps de parcours de l'onde réfractée t_R sera :

$$t_R = \frac{k}{\cos.i V_1} + \frac{x}{V_2} - \frac{k \operatorname{tg}.i}{V_2}$$

Si l'on ramène, pour tous les tirs, la profondeur de la mer à 20 m, tout en conservant le point E comme point d'ébranlement, afin de ne pas avoir à modifier la distance x, nous voyons qu'au temps t_R il faut soustraire le temps nécessaire à l'onde pour parcourir la distance EA à la vitesse V_1 et ajouter celui nécessaire pour parcourir la distance EB à la vitesse V_2 , soit donc effectuer une correction :

$$\delta t = - \frac{k \cos.i}{V_1}$$

En prenant $V_1 = 1\,500$ m/s, $V_2 = 5\,500$ m/s, $i = 15^\circ 8'$:

$$\delta t = - k \cdot 641 \cdot 10^{-6}$$

Le diagramme dromochronique de la fig. 4 a été tracé en tenant compte de ces corrections. A l'exception de la st. 16, les écarts entre les points et la courbe sont compatibles avec les erreurs absolues. On voit qu'il n'existe qu'un seul plan de réfraction. D'après la carte géologique

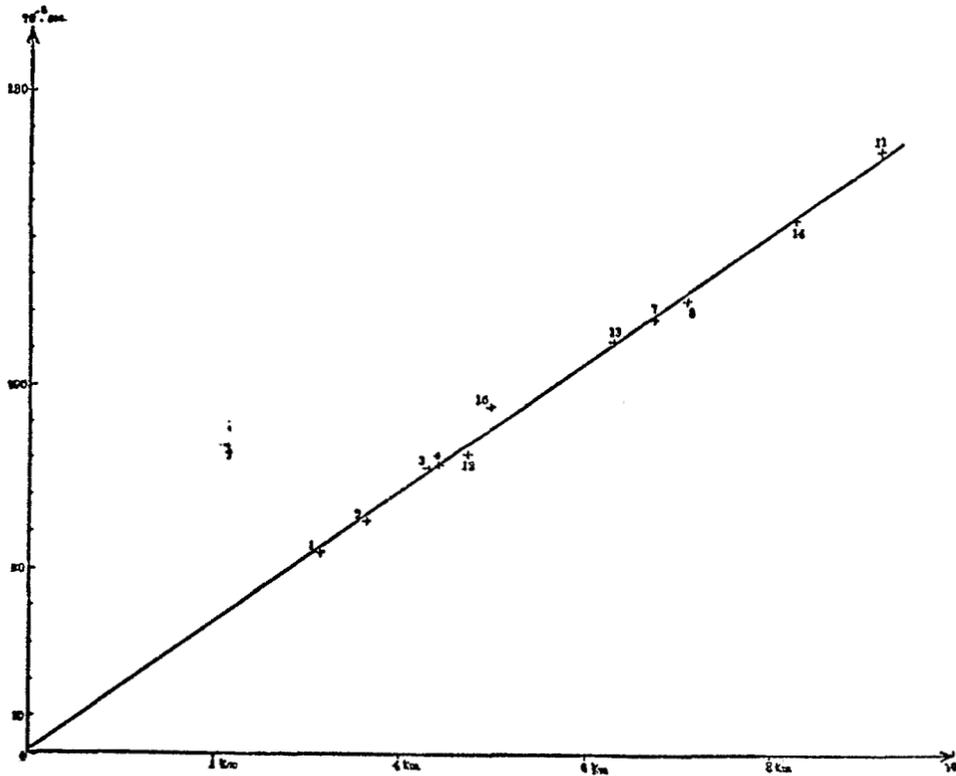


FIG. 4. — Diagramme dromochronique.

(fig. 2), nous savons, d'une manière certaine, que, jusqu'à la st. 4, le fond de la mer est constitué par du granite. Or la courbe dromochronique montre que ces terrains granitiques continuent d'être, sur tout le parcours du profil, la même couche réfractrice, comme l'atteste la vitesse apparente de 5 600 à 5 700 m/s obtenue à chaque station.

Au-delà de la st. 4, le fond marin est constitué de calcaire surmontant les argiles rouges. La traversée de cet ensemble sédimentaire par l'onde allant se réfracter à la surface du granite n'affecte pas l'allure générale de la courbe dromochronique. Pour observer une modification, il eut fallu que la perturbation ait dépassé la limite de nos erreurs absolues. Si l'on admet dans le calcaire et les argiles une vitesse de 3 000 m/s [A.A. DAY, M.N. HILL, A.S. LAUGHTON & J.C. SWALLOW, 1956, p. 32] et une erreur absolue de $3 \cdot 10^{-2}$ s, l'épaisseur maxima de ces deux assises reste inférieure à 75 m. Remarquons que, 10 km plus au nord, M.N. HILL et W.B.R. KING [1953] ont trouvé une épaisseur de 300 m pour les séries sédimentaires recouvrant le granite.

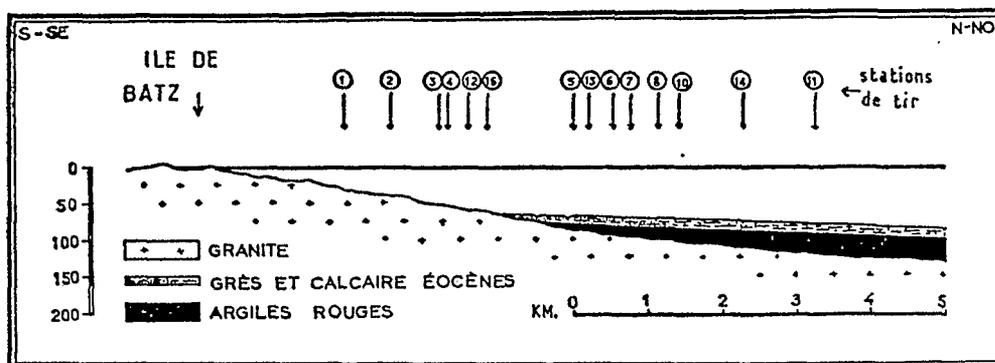


FIG. 5. — Coupe géologique de la région située au large de Roscoff, d'après les résultats de l'étude géophysique.

Le point correspondant à la st. 16 se situe, cependant, nettement en dehors de la courbe. Il faudrait le vérifier par d'autres tirs.

CONCLUSION

Les argiles qui ont motivé cette étude rappellent beaucoup, par leur aspect, le Permo-Trias [G. BOILLOT, 1960]. Or on sait que le Permien affleure, dans la Manche occidentale, au sud du Devon [L. DANGEARD, 1928; W.B.R. KING, 1954]. Il était tentant de comparer les deux formations de part et d'autre de la Manche. Mais les argiles rouges de Roscoff sont peu épaisses, probablement localisées dans une poche entre le granite et l'Eocène. Rien ne permet donc, dans l'état actuel de ces recherches, de les rattacher aux formations permienues d'Angleterre.

On sait qu'il est parfois très difficile de distinguer le Permo-Trias du Sidérolithique de l'Eocène inférieur (*). Le mode de gisement des argiles de Roscoff ne fait qu'accentuer cette incertitude. Il faut désormais aborder le problème par d'autres méthodes, et particulièrement par la pétrographie. Mais les résultats de cette étude dépassent ce problème précis. La structure géologique très simple de la bordure sous-marine de la Bretagne est sans doute identique ailleurs, tout le long de la côte nord du Finistère. Aucune faille importante ne l'accidente. La Manche occidentale n'est pas, semble-t-il, un fossé d'effondrement, mais un simple et très large synclinal, recouvert par les couches tabulaires du Crétacé et du Tertiaire.

(Manuscrit reçu le 3 janvier 1962)

(*) Nous remercions M. le Professeur MILLOT qui nous a mis sur la voie de cette interprétation.

RÉSUMÉ

Des études géologiques ont mis en évidence l'existence, au N.-O. de Roscoff (Finistère), à 6 km environ de l'île de Batz, de dolines creusées dans le calcaire éocène et au fond desquelles des dragages ont révélé la présence d'argiles rouges. La question se posait de savoir comment se fait le contact de ces argiles avec les terrains granitiques sur lesquels repose le calcaire éocène. Une étude sismique par réfraction fut donc entreprise, à cet effet, à l'endroit où furent récoltés les échantillons. Sur un profil de 9 km environ, 16 stations de tirs furent établies dont 11 fournirent des enregistrements satisfaisants. La courbe dromochronique résultante ne montre qu'un seul plan de réfraction constitué par le granite, comme l'atteste la vitesse apparente de 5 600 à 5 700 m/s obtenue à chaque station.

En conclusion, aucune faille n'accidente la structure géologique de la bordure sous-marine de la Bretagne, ce qui incline à penser que la Manche, loin d'être un fossé d'effondrement, ne semble constituer qu'un large synclinal. En ce qui concerne les argiles rouges, leur faible épaisseur n'autorise pas à les rattacher avec certitude aux formations permienes d'Angleterre. Seules des études pétrographiques permettront de distinguer s'il s'agit du Permo-Trias ou du Sidérolithique de l'Eocène inférieur.

SUMMARY

Geological studies made evident the presence, in the N-W of Roscoff, about 6 km from the isle of Batz, of holes carved in the Eocene limestone, and the bottom of which dredging revealed to be composed of red clay. The question was to know how this clay gets into contact with the granite upon which lays the Eocene limestone. A seismic refraction study, then, was undertaken in the area where the clay samples had been collected. Along a profile of about 9 km, 16 stations were shot, among which 11 stations provided available records. The resulting time-distance curve shows but one refracting layer, the granitic one, as it is made obvious by the apparent velocity of 5600-5700 m/sec obtained for every station.

In conclusion, there is not any fault breaking the geological structure of the submarine edge of Brittany. This inclines to think that, instead of being a trough produced by block faulting, the Channel seems to form but a large syncline. As to the red clay, considering its small thickness, it may not be referred with certainty to the Permian formations of England. Only petrographical studies will allow to know whether it is to be referred to the Permo-Trias or to the Siderolithic stage of the Lower Eocene.

BIBLIOGRAPHIE

- BOILLOT (G.), 1960. — Sur le Permo-Trias en place sous l'Eocène au large de Roscoff (Finistère) et sur la signification des fosses de la Manche occidentale. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **251**, pp. 2219-2221.
- BOILLOT (G.), 1961. — La répartition des fonds sous-marins dans la Manche occidentale. *Cah. Biol. mar.*, **2**, pp. 187-208.
- BOILLOT (G.) & LE CALVEZ (Y.), 1961. — Étude de l'Eocène au large de Roscoff (Finistère) et au sud de la Manche occidentale. *Rev. Géogr. phys.*, (2), **4**, pp. 15-30.
- DANGEARD (L.), 1928. — Observations de géologie sous-marine et d'océanographie relatives à la Manche. *Ann. Inst. océanogr. N.S.*, **6**, pp. 1-295.
- DAY (A.A.), HILL (M.N.), LAUGHTON (A.S.) & SWALLOW (J.C.), 1956. — Seismic prospecting in the western approaches of the English Channel. *Quart. J. geol. Soc. Lond.*, **112**, pp. 15-44.
- HILL (M.N.) & KING (W.B.R.), 1953. — Seismic prospecting in the English Channel and its geological interpretation. *Quart. J. geol. Soc. Lond.*, **109**, pp. 1-20.
- KING (W.B.R.), 1954. — The geological history of the English Channel. *Quart. J. geol. Soc. Lond.*, **110**, pp. 77-102.
-