

# ÉTUDE LITHOLOGIQUE DES SÉDIMENTS RÉCOLTÉS PAR LE « PRÉSIDENT THÉODORE TISSIER » EN RADE DE BREST ET EN MANCHE (CAMPAGNE 1949)

par Léopold et Catherine BERTHOIS

## SOMMAIRE

PRELIMINAIRE.

POSITION DES STATIONS.

### ETUDE LITHOLOGIQUE

#### I. — RADE DE BREST.

- 1° ETUDE DES BLOCS. { a) *Analyse morphoscopique.*  
b) *Etude pétrographique.*
- 2° ETUDE DES SABLES. { a) *Analyse granulométrique du résidu insoluble.*  
b) *Etude morphoscopique du quartz.*  
c) *Etude des minéraux lourds.*

#### II. — LA MANCHE.

1° RÉSUMÉ DES RECHERCHES ANTÉRIEURES.

2° ETUDE DES GALETS ET DES BLOCS. { a) *Analyse morphoscopique.*  
b) *Etude pétrographique.*

3° ETUDE DES SABLES. { a) *Analyse granulométrique.*  
b) *Etude morphoscopique du quartz.*  
c) *Etude des minéraux lourds.*

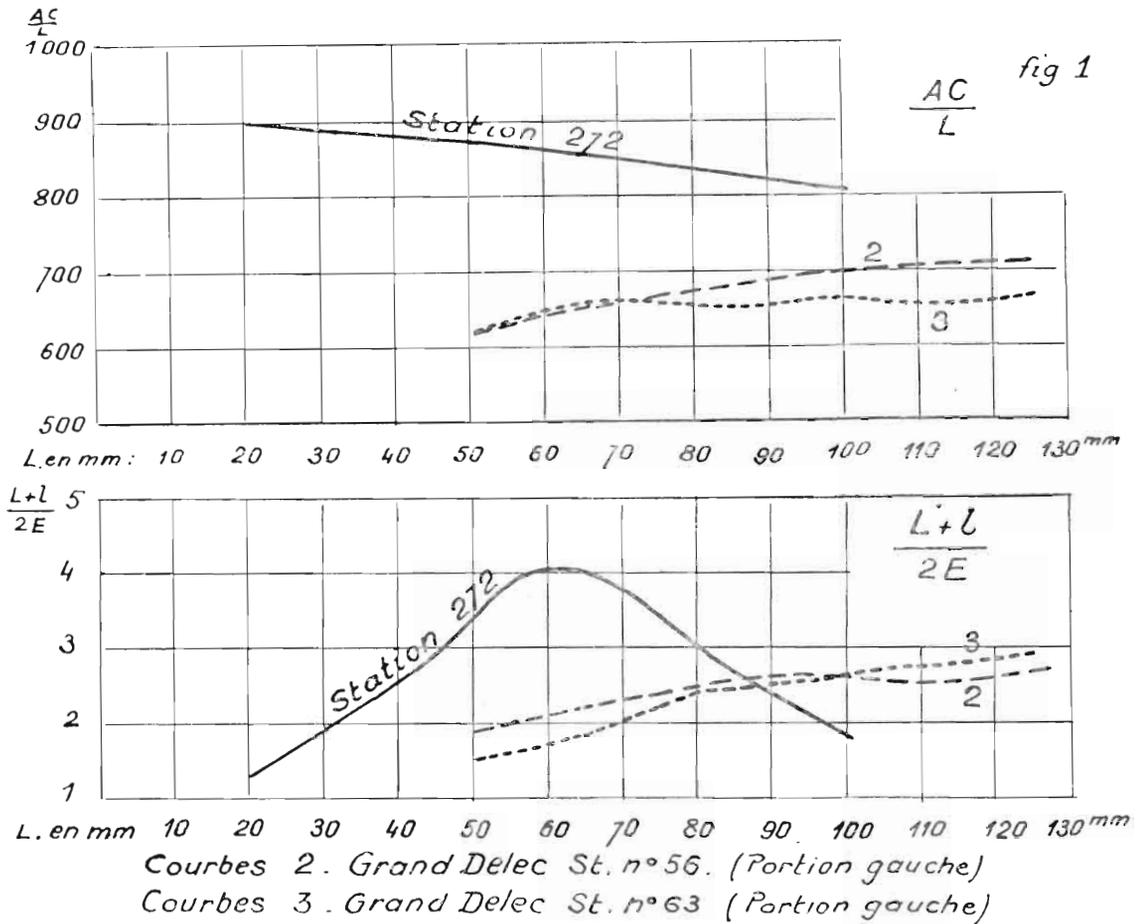
#### III. — REPARTITION GRANULOMETRIQUE DES ELEMENTS ORGANOGÈNES.

RESUME ET CONCLUSIONS.

BIBLIOGRAPHIE.

a) *Analyse morphoscopique des blocs.*

L'analyse morphoscopique a été conduite suivant la méthode préconisée par A. CAILLEUX (9). Les variations des indices de dissymétrie  $\frac{Ac}{L}$  et d'aplatissement  $\frac{L+l}{2E}$  en fonction des longueurs L sont représentées par les courbes de la fig. 1, les modalités de traduction des résultats numériques en courbes ont été indiquées précédemment (1).



Pour faciliter la discussion des résultats obtenus, nous avons représenté sur la même figure les coefficients de dissymétrie et d'aplatissement des galets provenant de la grève du Grand Délec dont les roches ont sensiblement les mêmes caractères pétrographiques.

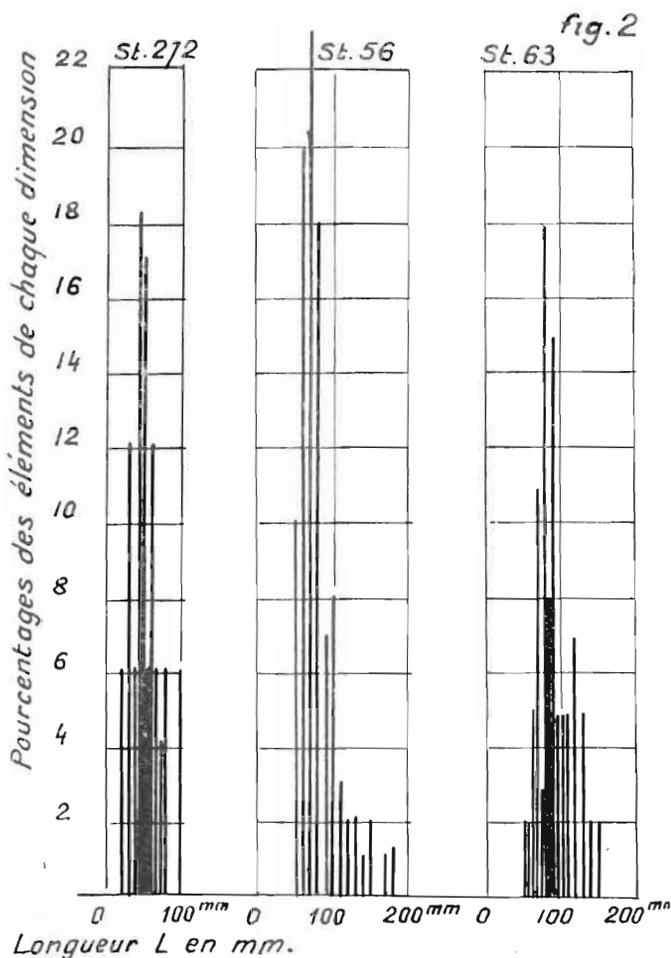
On remarque immédiatement que les blocs de la station 272 présentent des coefficients de dissymétrie extrêmement élevés par rapport aux galets marins de mêmes dimensions. Les coefficients de dissymétrie observés sur les roches draguées sont, en

effet, voisins du maximum (1.000) qui n'est atteint que par des blocs parallélépipédiques ou en plaquettes minces non façonnées.

L'allure « en cloche » de la courbe d'aplatissement montre que les plus petits et les plus gros blocs sont de forme parallélépipédique tandis que les dimensions intermédiaires, comprises entre 40 et 85 mm, sont principalement celles de plaquettes.

La comparaison avec les coefficients d'aplatissement des galets au Grand Délec, permet d'apprécier l'ampleur de l'aplatissement des éléments moyens de la formation.

La série dimensionnelle des blocs de la station 272 est représentée sur la fig. 2. Nous y avons également dessiné les séries dimensionnelles des galets du Délec antérieurement pris comme référence.



La série dimensionnelle de la station 272 est très courte comparativement à celles du Grand Délec. Ce caractère pourrait inciter à envisager un triage très sélectif si le manque d'homogénéité de la série ne venait démontrer le contraire. Il est facile de constater, en effet, que, malgré leur développement plus important, les deux séries dimensionnelles du Grand Délec sont nettement plus homogènes.

En résumé, l'analyse morphoscopique des blocs de la station 272, met en évidence les caractères suivants du dépôt :

Absence totale de façonnement.

Très faible triage des éléments.

Il est à remarquer que les valeurs extrêmement élevées des coefficients de dissymétrie sont supérieures à celles résultant des premières mesures de A. CAILLEUX (1945) pour des formations continentales (éboulis) de la région de Landerneau. Mais le dépôt étudié était constitué par des phyllades dont le façonnement est beaucoup plus rapide que celui des embréchites qui prédominent ici.

Les observations précédentes nous conduisent à écarter résolument des causes fluviales ou marines pour la constitution du dépôt dragué à la station 272. La seule origine possible nous paraît être continentale se présentant sous forme d'éboulis ou de head. Les éléments très fins auraient été entraînés par les courants et partiellement éliminés de la granulométrie que nous étudierons dans les pages suivantes. Les blocs issus de la formation continentale envisagée seraient donc restés sensiblement à leur ancien emplacement et n'auraient subi qu'un triage extrêmement réduit, sans façonnement sensible. Si ce résultat est confirmé par des recherches ultérieures, il constituerait une importante preuve du creusement antémonastirien de la vallée de l'Elorn.

#### **b) Etude lithologique des blocs.**

Le type pétrographique dominant est constitué par des embréchites œillées du type de celles que l'on rencontre en de nombreux points des falaises Nord de la Rade de Brest entre le Portzic et Pors Milin.

Le séricitoschiste est moins important dans les blocs dragués. On l'observe également à terre en de très nombreux affleurements entre Kerhuon et le Délec.

Le granite à deux micas est rare.

Ces roches seront décrites ci-dessous :

##### *Embréchite à muscovite et biotite.*

La structure est variable, habituellement granoblastique avec passage à la structure lépidoblastique qui est dominante dans certaines préparations. La structure poeciloblastique est plus rare.

Les minéraux constituants sont les suivants :

Xénoblastes : quartz, anorthose, oligoclase acide.

Autoblastes : muscovite, biotite, apatite, ilménite, zircon, sphène.

Secondaires : Ilménorutile, magnétite, séricite.

L'anorthose ne présente habituellement aucune mâcle, il est souvent altéré par séricitisation. L'oligoclase est mâclé suivant la loi de l'albite avec de très fines lamelles hémitropes. Ce plagioclase est parfois séricitisé mais habituellement moins que l'anorthose.

La muscovite est toujours beaucoup plus abondante que la biotite. Elle forme des plages à cristaux enchevêtrés mais elle est souvent très étroitement liée au mica noir.

La biotite est peu abondante, souvent décolorée. Dans les régions non altérées, elle montre un dichroïsme très accentué. Des auréoles polychroïques assez intenses sont

provoquées par des inclusions de zircon, tandis que d'autres, plus atténuées sont dues à la présence de l'apatite.

Lorsque la biotite est altérée, les éléments ferro-titanifères qu'elle renferme cristallisent en petites baguettes d'ilméno-rutile qui s'orientent en groupements étoilés à 60° dans le plan du clivage basal.

Le quartz se présente sous plusieurs formes : en grands cristaux à extinctions onduleuses, en plages quartzitiques presque totalement dépourvues d'éléments micacés, en association avec la biotite (qu'il englobe parfois), en association avec la muscovite, en groupements poeciloblastiques avec l'anorthose.

#### *Séricitoschistes.*

Leur structure est lépidoblastique.

Minéraux composants : muscovite (séricite) et quartz.

La roche est essentiellement formée de muscovite en petites paillettes plus ou moins régulièrement alignées dans une poussière de grains quartzeux isométriques de 20 à 50 microns de diamètre. Il existe des plages plus riches en mica, la muscovite y figure alors sous forme de paillettes de 200 à 400 microns. On observe aussi de véritables feutrages constitués par de très fines paillettes micacées.

#### *Granite à biotite et muscovite.*

Sa structure est grenue avec tendance poecilitique.

Minéraux composants : microcline, oligoclase-andésine, muscovite, biotite, quartz.

Le microcline forme avec les plagioclases des assemblages poecilitiques parfois étendus.

L'oligoclase-andésine, à 28-30 % d'anortite, se présente sous forme de petits cristaux à contour idiomorphe mâclés suivant la loi de l'albite avec de très fines lamelles hémitropes.

La muscovite est abondante, souvent associée à la biotite. Elle existe en cristaux de grande taille ou en petites paillettes moulées par le plagioclase ou incluses dans le microcline. Cette muscovite est toujours dénuée d'inclusions.

La biotite est moins abondante que la muscovite. Les lamelles sont souvent tordues. Elles renferment de très nombreuses auréoles polychroïques. Ce minéral est souvent décoloré par altération, cependant le dichroïsme demeure habituellement visible. L'altération en chlorite est fréquente.

Le quartz est abondant, en grandes plages granitiques.

L'étude pétrographique des blocs dragués en rade de Brest (station 272) montre très nettement que toutes les roches ont une origine strictement locale, ce qui est parfaitement d'accord avec l'hypothèse d'un dépôt d'origine continentale.

## 2° ETUDES DES SABLES.

### a) *Analyse granulométrique du résidu insoluble.*

Tous les échantillons récoltés sont riches en débris organogènes calcaires, etc...

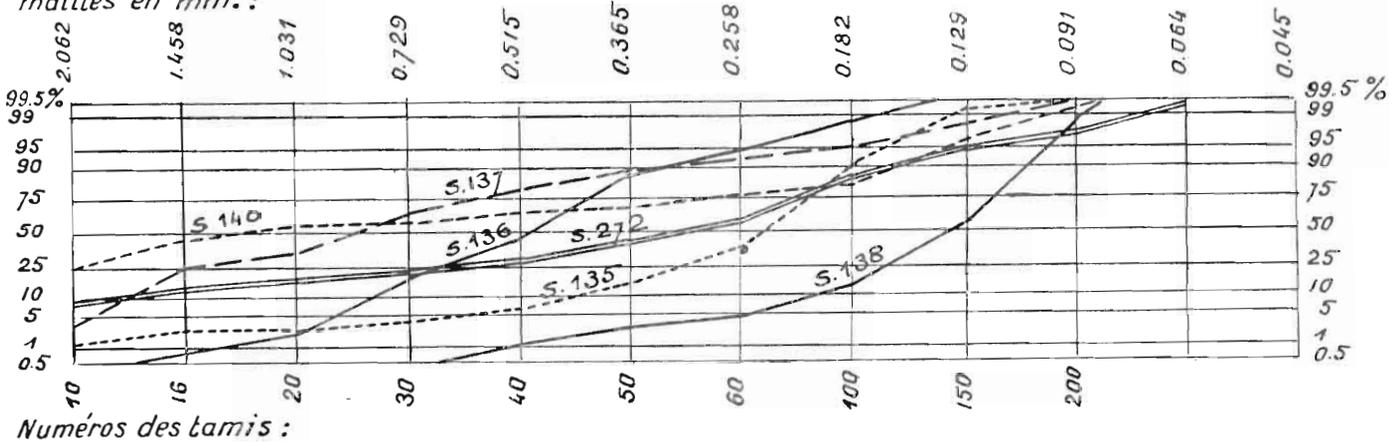
Les teneurs en carbonates de chaux sont les suivantes :

	CO <sup>2</sup> Ca %
Station 272 .....	77,8
— 135 .....	26,4
— 136 .....	non dosé
— 137 .....	36,8
— 138 .....	9,2
— 140 .....	73,8

Nous étudierons dans un paragraphe spécial la répartition granulométrique de ces éléments calcaires, mais pour le moment, nous n'examinerons que le résidu insoluble.

L'analyse granulométrique a été effectuée suivant la méthode récemment exposée par l'un de nous (2). Les résultats sont représentés sur la fig. 3.

Dimensions des mailles en mm. :



L'examen des courbes met en évidence d'importantes disparités granulométriques entre les différents prélèvements : il existe des sables à triage très sélectif (station 138 et station 135) 83 % des grains de sable de la station 138 ont un diamètre compris entre 0,182 mm et 0,091 mm et 68,7 % des grains du sable de la station 135, un peu moins fin, sont compris entre 0,365 mm et 0,182 mm. Mais il existe également des sables grossiers à granulométrie très hétérogène (station 140) dont 48,1 % des grains ont un diamètre compris entre 2,920 mm et 1,458 mm.

La composition moyenne entre ces extrêmes est sensiblement réalisée par le sable de la station n° 272 qui renferme 42,4 % de grains dont le diamètre est compris entre 0,365 mm et 0,182 mm et dont le triage est moyennement sélectif. Il est intéressant de noter que le sable de cette station, qui a également fourni des blocs précédemment étudiés est le plus riche de tous en éléments très fins. Il contient en effet 3 % d'éléments de diamètre inférieur à 0,091 mm. Cette teneur relativement élevée s'accorde bien avec l'origine continentale envisagée pour le dépôt de cette station.

Les variations granulométriques importantes qui viennent d'être notées en particulier en ce qui concerne les sables dragués dans l'anse de Sainte-Anne du Portzie ne peuvent s'expliquer, nous semble-t-il, que par l'influence de la topographie du fond

rocheux sur la répartition des courants. Les crêtes rocheuses de l'estran se poursuivent sous la mer. Suivant leur orientation par rapport au courant, elles y déterminent des zones de calme, ou, au contraire, des « auges » dans lesquels la vitesse des filets liquides n'est pas ou n'est que très peu atténuée. Sur un tel fond rocheux, les éléments se répartissent par « poches » plus ou moins étendues, la granulométrie de chacune d'elles étant indépendante de celle des autres.

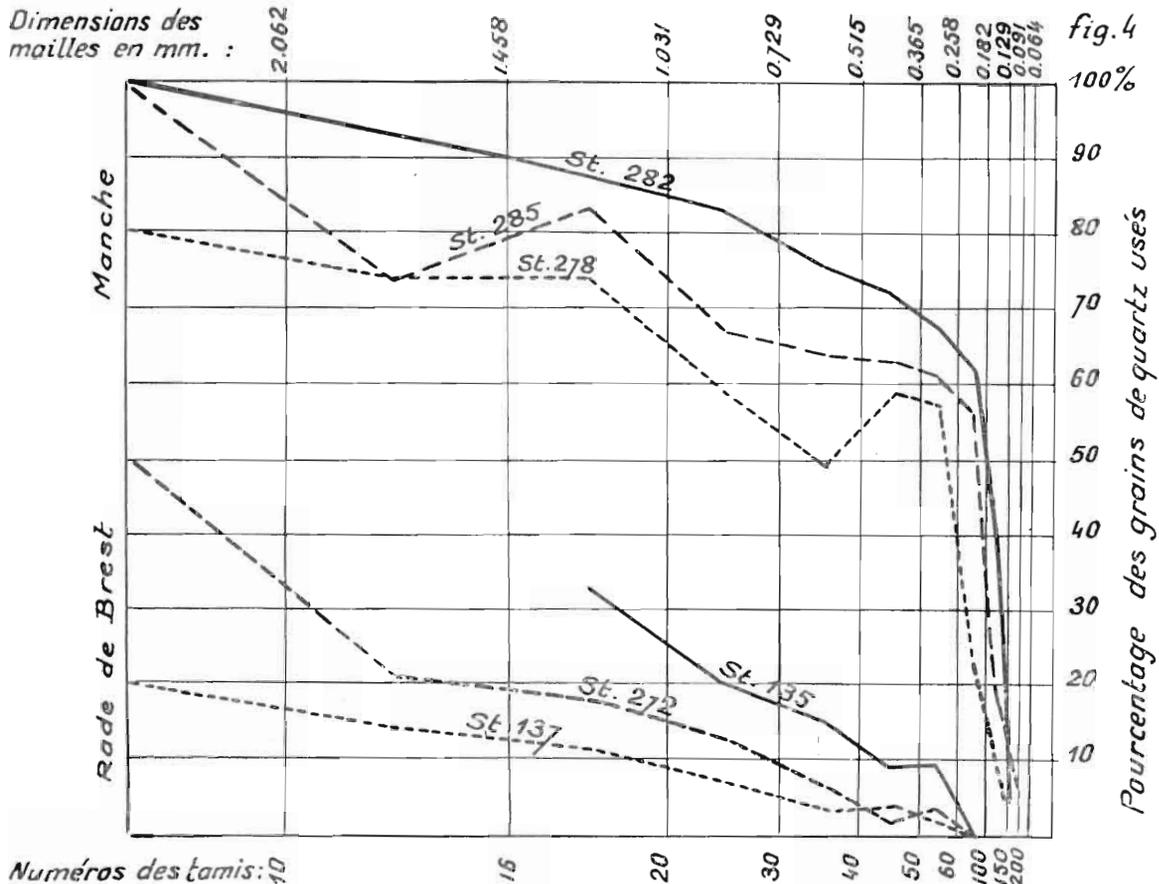
**b) Etude morphoscopique du quartz.**

L'étude morphoscopique a été menée suivant la méthode préconisée par A. CAILLEUX (9).

Les grains de quartz des sables dragués dans la rade de Brest sont tous très peu usés. C'est une constatation qui a déjà été faite par A. CAILLEUX en ce qui concerne les sables de plage du Finistère (Trez Hir) et que nous avons maintes fois contrôlée en étudiant des sables de plages bretonnes.

Il n'existe pas de grains ronds, luisants, dans les sables dragués dans la rade de Brest et le pourcentage des grains émoussés luisants atteint rarement 30 %. Ce taux n'est dépassé que par les grains de quartz de diamètres supérieurs à 2 mm de la station n° 272.

Les résultats de l'étude morphoscopique des grains de quartz sont représentés par les trois courbes de la partie inférieure de la fig. n° 4.



A. CAILLEUX (10) a déjà indiqué que dans le cas des sables de plage des massifs cristallins, l'apport de matériel frais est très intense et qu'alors le pourcentage des grains émoussés luisants est faible et n'augmente que lentement en fonction de la taille, ou même, demeure pratiquement nul. Cependant, R. DANA RUSSEL (14) pense que le façonnement des grains de sable a son effet maximum dans les dunes et sur les plages. Si, malgré son intensité, l'effet d'usure est si peu important sur des grains relativement frais, nous arrivons à en conclure que le quartz s'use très lentement. Les recherches poursuivies par l'un de nous en collaboration avec M. AUBERT (4) ont montré qu'entre 2,062 mm et 0,091 mm les poids des grains de quartz décroissent très approximativement comme le cube des diamètres, ce qui montre que l'usure est sensiblement égale sur toutes les faces des grains.

En dernière analyse, bien que les sables de la rade de Brest aient été dragués par de petits fonds et soient soumis à l'action de forts courants, ils paraissent être toujours extrêmement peu usés.

*c) Etude des minéraux lourds.*

Les minéraux lourds ont été séparés au bromoforme. Nous avons obtenu les poids suivants ramenés à 100 g de résidu insoluble :

station n° 136 :	0,044 g	%	} fraction attirable à l'aimant : 0,662 g % } fraction non attirable : 0,306 g %
— n° 137 :	0,112 g	%	
— n° 138 :	0,128 g	%	
— n° 272 :	0,968 g	%	

La fraction attirable des sédiments des stations n° 136, 137 et 138 était trop faible pour être dosée.

*Minéraux lourds opaques.*

Station n° 136 : Ilménite

— n° 137 : Ilménite, Hématite brune, Limonite

— n° 138 : Ilménite, Oligiste

— n° 272 : a) *Fraction attirable à l'aimant :*

Hématite brune, Limonite (très abond.); Ilménite (rare); quelques tourmalines très riches en fer; Pyrite cristallisée.

b) *Fraction non attirable :*

fragments de bois pyritisé avec empreintes de tissus ligneux; Pyrite cristallisée (rare); Limonite.

*Minéraux lourds transparents.*

L'évaluation du pourcentage en poids des minéraux transparents d'un résidu lourd est une opération quasi impossible dans la plupart des cas. En effet, le résidu lourd séparé au bromoforme contient à la fois des minéraux transparents et des minéraux opaques. Les séparations fractionnées avec des liqueurs de densités différentes fournissent des lots qui contiennent à la fois des grains transparents et des grains opaques (10).

La séparation électro-magnétique est elle-même inopérante à cet égard. R. Saporite et P. Canal (11) ont montré que, pour les minéraux attirés par suite de leur teneur en fer, les petites variations de celle-ci ont de grandes répercussions sur la perméabilité magnétique.

Le classement établi par ces auteurs suivant l'ordre de triage est extrêmement suggestif : ils montrent que la hornblende verte peut être plus facilement attirable que la pyrite, le mispickel, l'ilménite, la sidérose, etc..., que l'hypersthène peut être plus facilement attirable que la chromite, l'hématite brune, la chalcopyrite, etc...

Le dénombrement des grains transparents et des grains opaques utilisé par Edelman (18) et ses élèves permet d'établir des pourcentages utilisables dans sa méthode numérique mais intraduisible en poids. Il existe, en effet, des différences souvent importantes entre les densités des minerais et des minéraux transparents. Mais les variations de la dimension des grains produisent des erreurs encore plus considérables, les grains opaques sont en effet très rarement isométriques des grains transparents.

En face de cette impossibilité de traduction pondérale, nous avons pensé qu'une représentation satisfaisante du résidu lourd transparent pouvait être obtenue en évaluant le volume des minéraux transparents contenus dans un même poids de sable de chaque échantillon.

Le volume des minéraux transparents est mesuré et évalué suivant la méthode précédemment exposée (5). En dehors des pourcentages habituels des minéraux, nous avons étudié les pourcentages comparatifs déduits du volume total de chaque échantillon par rapport au sable le plus riche en résidu lourd dont le pourcentage est maintenu à 100.

Les résultats sont indiqués dans le tableau n° 1.

La comparaison des pourcentages indiqués plus haut avec les pourcentages comparatifs en volume des colonnes de droite du tableau précédent démontre que les premiers sont irrémédiablement faussés par la présence des minéraux opaques dont le poids ne peut être exactement dosé.

La représentation comparative en volume permet en outre de suivre les variations de la composition minérale dans les quatre échantillons étudiés.

Si nous considérons les trois échantillons étudiés de l'anse de Sainte-Anne du Portzic, nous pouvons en déduire que :

Le n° 138, qui est le plus rapproché du fond de l'anse, est aussi le plus riche en minéraux,

Le n° 137, situé vers le milieu de l'anse, est très pauvre en minéraux transparents.

Enfin, nous constatons qu'à la station 136, située en face d'un chantier de la Marine nationale où d'importants cubes de déblais sont déversés dans la mer, il y a un apport considérable d'agrégats d'altération (saussurite) et très peu de minéraux libérés.

En outre, l'importante teneur en minéraux de la station 272 s'accorde bien avec l'hypothèse d'une origine continentale du dépôt : une concentration des minéraux lourds s'est déjà effectuée pendant la désagrégation et le transport primitif des éléments. Cette concentration s'est encore accentuée par l'enlèvement d'une partie de la fraction fine.

TABLEAU I.

MINÉRAUX	POURCENTAGES EN VOLUME				PROPORTIONS COMPARATIVES PAR RAPPORT A L'ÉCHANTILLON LE PLUS RICHE EN MINÉRAUX			
	S. 136	S. 137	S. 138	S. 272	S. 136	S. 137	S. 138	S. 272
Zircon .....			0,3	2,4			0,2	2,4
Tourmaline .....	18,1		16,4	26,2	5,5		8,8	26,2
Indicolite .....				3,6				3,6
Grenat almandin .....			3,3				1,8	
Spinelle .....			1,0				0,5	
Andalousite .....			1,9	11,2			1,0	11,2
Staurotide .....			1,0	2,3			0,6	2,3
Sillimanite .....			2,9				1,6	
Fibrolite .....			0,7	4,5			0,4	4,5
Hornblende commune .....	5,5	20,9	9,0	7,7	1,6	0,9	5,1	7,7
Hornblende brune .....		46,4	7,1	10,3		2,0	3,8	10,3
Trémolite .....		3,5	3,9	5,4		0,2	2,1	5,4
Augite .....				15,8				15,8
Chloritoïde Ottrelite .....			28,7	3,0			15,5	3,0
Zoïzite .....			0,9				0,5	
Saussurite .....	76,4	29,2	22,9	7,6	23,1	1,3	12,4	7,6
	100,0	100,0	100,0	100,0	30,2	4,4	54,3	100,0

*Granulométrie comparée des minéraux lourds transparents et du sable. (Résidu insoluble.)*

Nous avons cherché à comparer la répartition granulométrique des minéraux lourds transparents à celle du résidu insoluble du sable.

En établissant cette comparaison, nous admettons implicitement que la représentation granulométrique en volume des minéraux lourds est comparable à la représentation en poids des minéraux légers insolubles et principalement, du quartz qui en constitue environ 70 %.

Si l'on considère que les densités des minéraux lourds sont presque toutes comprises entre 3,2 et 3,5, on admettra facilement que l'erreur commise en négligeant les différences qu'ils présentent entre eux est très faible. Le zircon, qui possède une densité beaucoup plus élevée (4,7) présente toujours ici un volume si faible par rapport aux autres minéraux qu'il est pratiquement inutile d'effectuer une correction.

Les grains sont classés suivant leurs diamètres décroissants et les volumes tota-

lisés pour chaque dimension. Nous pourrions alors calculer les pourcentages et les proportions relatives en volume des grains de chaque dimension.

Les résultats de ce calcul sont indiqués dans le tableau suivant :

TABLEAU II

LARGEUR DES GRAINS EN MICRONS	POURCENTAGES EN VOLUME				PROPORTIONS RELATIVES EN VOLUME PAR RAPPORT A L'ÉCHANTILLON LE PLUS RICHE EN MINÉRAUX			
	ANSE DE SAINTE-ANNE DU PORTZIC			S. 272	ANSE DE SAINTE-ANNE DU PORTZIC			S. 272
	S. 136	S. 137	S. 138		S. 136	S. 137	S. 138	
520	66,5				20,1			
370			14,4	7,6			7,9	7,6
335	18,1				5,5			
310			17,5	25,9			9,6	25,9
250	10,0			41,1	3,0			41,1
240			5,5				2,9	
210			4,1				2,2	
200				3,9				3,9
185	5,4		3,1	11,5	1,6		1,6	11,5
175		32,4				1,5		
150		23,6	20,1	4,3		1,0	11,3	4,3
125		28,0	12,6	5,5		1,2	6,8	5,5
100		6,9	12,4			0,3	6,6	
87		5,6	6,0			0,2	3,2	
75		3,5	2,2	0,2		0,2	1,2	0,2
62			1,4				0,7	
50			0,5				0,2	
37			0,2				0,1	
	100,0	100,0	100,0	100,0	30,2	4,4	54,3	100,0

L'examen des proportions relatives en volume des sables dragués dans l'anse de Sainte-Anne du Portzic (partie droite du tableau - stations 136, 137 et 138) montre nettement l'appauvrissement en minéraux lourds de la station 137 par rapport à la station 138 située au fond de l'anse. Tous les grains de diamètres supérieurs à 175 microns ont disparu ainsi qu'une forte proportion des éléments plus petits.

A la station 136, on observe un nouvel apport d'éléments grossiers provenant du lavage des déblais du chantier de Portzie.

La granulométrie des minéraux lourds de la station 272 montre, au contraire, une disparition des éléments lourds fins, parfaitement en accord avec l'enlèvement d'une partie des éléments fins légers que la granulométrie du résidu insoluble a mis en évidence.

Ces résultats peuvent être traduits en graphiques suivant la méthode utilisée pour la représentation de l'analyse granulométrique du résidu insoluble léger.

La fig. 5 représente les pourcentages en volume des colonnes de gauche du tableau n° 2.

Largeurs  
en  
microns :

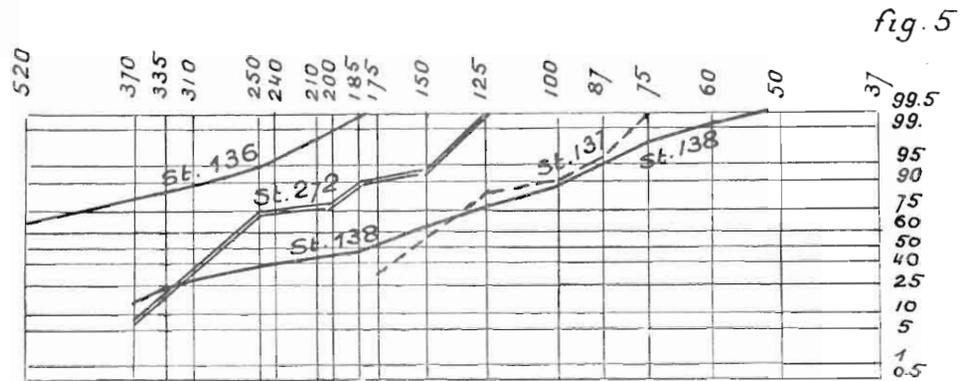


fig. 5

Nos séparations au bromoforme ont été faites sur un prélèvement effectué sur les résidus de tamisage réunis depuis le premier tamis sur lequel la présence de minéraux lourds a été révélée par l'examen au binoculaire.

Une remarque importante doit être faite avant de tenter d'établir des relations entre la granulométrie du quartz et celle des minéraux lourds. Entre 2,062 mm et 0,091 mm, le poids des grains de quartz décroît très sensiblement comme les cubes des diamètres (4). Ceci ressort des mesures effectuées sur environ 12.000 grains.

Au contraire, de 4.000 mesures environ effectuées sur les minéraux lourds (5) il ressort que l'épaisseur augmente beaucoup plus lentement que les autres dimensions (présence très fréquente de clivages faciles), de sorte que les minéraux de grande taille sont presque toujours fortement aplatis.

Sous cette forme, ils franchissent les mailles des tamis suivant une direction voisine de la diagonale et leur largeur, par rapport à l'ouverture de la maille du tamis, est alors voisine de :

$$m \times \sqrt{2} = m \times 1,414$$

Par conséquent, des minéraux lourds de 365 microns de largeur pourront être rencontrés dans les mêmes filtrats que des grains de quartz de 258 microns puisqu'ils peuvent franchir les mêmes mailles de tamis. En outre, la forme lamellaire de beaucoup de minéraux lourds atténuée dans de très fortes proportions les différences de densité par rapport au quartz pendant le transport par un courant d'eau. Cette observation montre

que les méthodes de tamisage de minéraux lourds peuvent être entachées d'une erreur granulométrique d'autant plus importante qu'elles s'appliquent à des quantités très faibles.

En comparant les courbes granulométriques des résidus insolubles (fig. 3) à celles des minéraux lourds (fig. 5) nous pouvons faire les remarques suivantes :

1° *Anse de Sainte-Anne du Portzic :*

Le sable de la station 136 qui renferme le pourcentage le plus élevé de quartz de diamètres compris entre 0,515 mm et 0,365 mm contient aussi le pourcentage le plus élevé de minéraux de grandes tailles (520 microns). En outre, le pourcentage des grains de quartz plus petits que 0,182 mm n'est que d'environ 1 %, aussi les minéraux lourds de petite taille manquent-ils complètement.

Le sable de la station 137 ne renferme que 15 % de quartz de diamètres compris entre 0,515 mm et 0,182 mm et les minéraux lourds de ces dimensions n'apparaissent pas. Mais il existe 5 % de quartz plus petit que 0,182 mm et les minéraux lourds sont cantonnés dans cet espace dimensionnel.

Le sable de la station 138 ne possède que 5 % de quartz en grains plus grands que 0,258 mm, c'est la raison pour laquelle il ne présente qu'une faible teneur en gros minéraux lourds. Par contre, il renferme la plus forte proportion d'éléments fins quartzueux et, corrélativement, la plus grande quantité de petits minéraux lourds. La concentration est en relation avec le triage sélectif du sable comme nous aurons l'occasion de le voir par la suite.

2° *Station n° 272.*

Le sable de cette station contient 55 % de quartz de diamètres compris entre 0,365 mm et 0,129 mm avec un triage assez peu sélectif. Ceci explique la teneur relativement importante du sédiment en minéraux lourds de grande taille. Nous pouvons remarquer que le sédiment de la station 138 possède à peu près le même pourcentage de quartz de diamètres compris entre 0,365 mm et 0,129 mm, mais son triage étant beaucoup plus délicat, plus sélectif, les minéraux lourds sont répartis suivant une courbe plus régulière.

*En résumé :* le mode de représentation que nous venons d'exposer semble permettre d'établir une étroite corrélation entre la granulométrie de la fraction légère et celle de la fraction lourde d'un sédiment. Toutefois, de nouvelles recherches seront nécessaires pour apprécier l'efficacité de ce procédé qui nous paraît ouvrir un important champ d'investigations.

## II. — LA MANCHE

1° RÉSUMÉ DES RECHERCHES ANTÉRIEURES.

Il est impossible d'étudier actuellement des sédiments dragués en Manche sans se référer au travail fondamental de L. DANGEARD (15) et nous résumerons d'abord les observations géologiques faites par cet auteur aux abords des stations de dragage effectuées par le « Président Théodore Tissier ».

*Station 278 :*

Les deux stations les plus voisines étudiées par L. DANGEARD sont les suivantes :

*Station 239 :*

50° N.; 3°52' W. Gr. au Sud-Ouest de Start Point; Prof. 70 m; Sable coquillier; Sable compact formant sans doute des « ripple marks » sous-marins, coquilles moulues, quelques coquilles entières; Sédiments actuels épais.

*Station 240 :*

50°5' N.; 3°41' W. Gr. au Sud de Start Point; Prof. : 66 m; Sable coquillier, graviers. Les graviers sont peut-être en partie anciens. Coquilles brisées, quelques coquilles entières: Silex irréguliers, petites roches primaires (grès, schiste). Sédiment actuel épais.

*Station 282 :*

Les deux stations les plus voisines étudiées par L. DANGEARD sont les suivantes :

*Station 2.002 :*

49°16' N.; 3°19' W. Gr.; Prof. : 50 m. Roches, pierres, graviers roulés. Tête de roche paléozoïque. Calcaire éocène très peu abondant, quelques silex, grès feldspathique, autres roches primaires (p. 144) sur le plateau du « Gaston River » 5 petits cailloux roulés et perforés de calcaire éocène. Tête de roche.

*Station 233 :*

49°18' N. 3°33' W. Gr. Prof. : 78 m. Sable coquillier, pierres. Roches primaires (grès) quelques silex. Calcaire à moule de gastéropodes (p. 139). Nombreuses plaquettes de calcaire jaunâtre, dur, dont la surface est perforée par des clones, des gastrochaena. Quelques échantillons montrent des moules de gastéropodes.

*Station 285 :*

Les deux stations les plus voisines étudiées par L. DANGEARD sont les suivantes :

*Station 244 :*

50°23' N.; 2°27' W. Gr. au Sud de Portland; Prof. : 50 m. Pierres, graviers sableux coquilliers. Silex nombreux, calcaire gris clair de l'oolithique, craie glauconieuse, concrétions ferrugineuses. Petits échantillons de roche primaire (p. 157). Grès blanc micacé, grauwacke verdâtre, schiste noir, porphyre rouge. Ces roches semblent provenir de la région des Iles anglo-normandes. Silex à écorce très mince, ferrugineuse (p. 124). Jurassique : calcaire. Crétacé : calcaire glauconieux avec grains ou moules plus ou moins importants de glauconie.

Grès calcaire gris ou verdâtre plus ou moins glauconieux. Après décalcification on obtient du quartz bien calibré et des grains de glauconie qui paraissent d'origine détritique.

Craie glauconieuse, légère et poreuse, partiellement silicifiée. Après décalcification, on observe des moules glauconieux de spicules d'éponges. Analogie des derniers échantillons avec le Cénomanién de l'île de Wight.

*Station 245 :*

50°24' N.; 2°14' W. Gr. au Sud de Kimeridge. Prof. : 48 m.

Pierres, graviers coquilliers, pierres de toutes tailles, coquilles entières. Silex nombreux à écorce mince ferrugineuse à centre noir (p. 124). Craie, grès ferrugineux, calcaire et très glauconieux, petits fragments roulés de roche primaire (grès sombres, quartzite, roches cristallines) (p. 158).

(p. 96) grès et poudingues ferrugineux. Le grès ferrugineux a l'aspect du rous-sard à grain fin et montre une partie centrale claire.

Nodules de limonite. Leur surface brune est polie et brillante. En les brisant on trouve, au centre, de l'argile couleur chocolat ou du sable fin jaunâtre. La couche externe de limonite est souvent épaisse de plusieurs centimètres.

Rognons de pyrite. La cassure montre de nombreux grains de quartz. Un échantillon de grès fortement pyriteux a la forme d'une concrétion de marcassite.

Autres échantillons : plaquette d'hématite rouge, une demi-douzaine de fragments de bois paraissant transformés en lignite. Ces derniers proviennent peut-être de formations plus récentes.

Grande analogie avec le Lower Greensand de l'île de Wight où les falaises de Shanklin et de Sandown contiennent des grès grossiers ferrugineux, des rognons de pyrite et de limonite.

Conclusion : Néocomien en place.

*Stations 290 et 359 :*

Les trois stations les plus voisines étudiées par L. DANGEARD sont les suivantes :

*Station 254 :*

49°52' N.; 0°3' W. Gr. Prof. : 35 m. Sable graveleux, pierres : les pierres sont de petite taille. Silex auréolés très nombreux, beaucoup atteignent la taille du poing, leur forme est extrêmement irrégulière. Un échantillon présente des parties calcaires adhérentes, rongées par des cliques qui paraissent représenter des parties de la roche mère. Crétacé : Silex auréolés.

*Station 542 :*

49°49' N.; 0°5' E. Gr.; Prof. : 36 m. Pierres, graviers coquilliers. Les pierres devaient être enfoncées au milieu des graviers, glauconie, coquilles entières nombreuses. Silex auréolés très nombreux. Rares silex arrondis. Les silex dépassent souvent la taille du poing. Leur forme est très irrégulière et montre des arêtes tranchantes. Sur un échantillon : auréole typique et région centrale noire translucide. Crétacé : silex.

*Station 543 :*

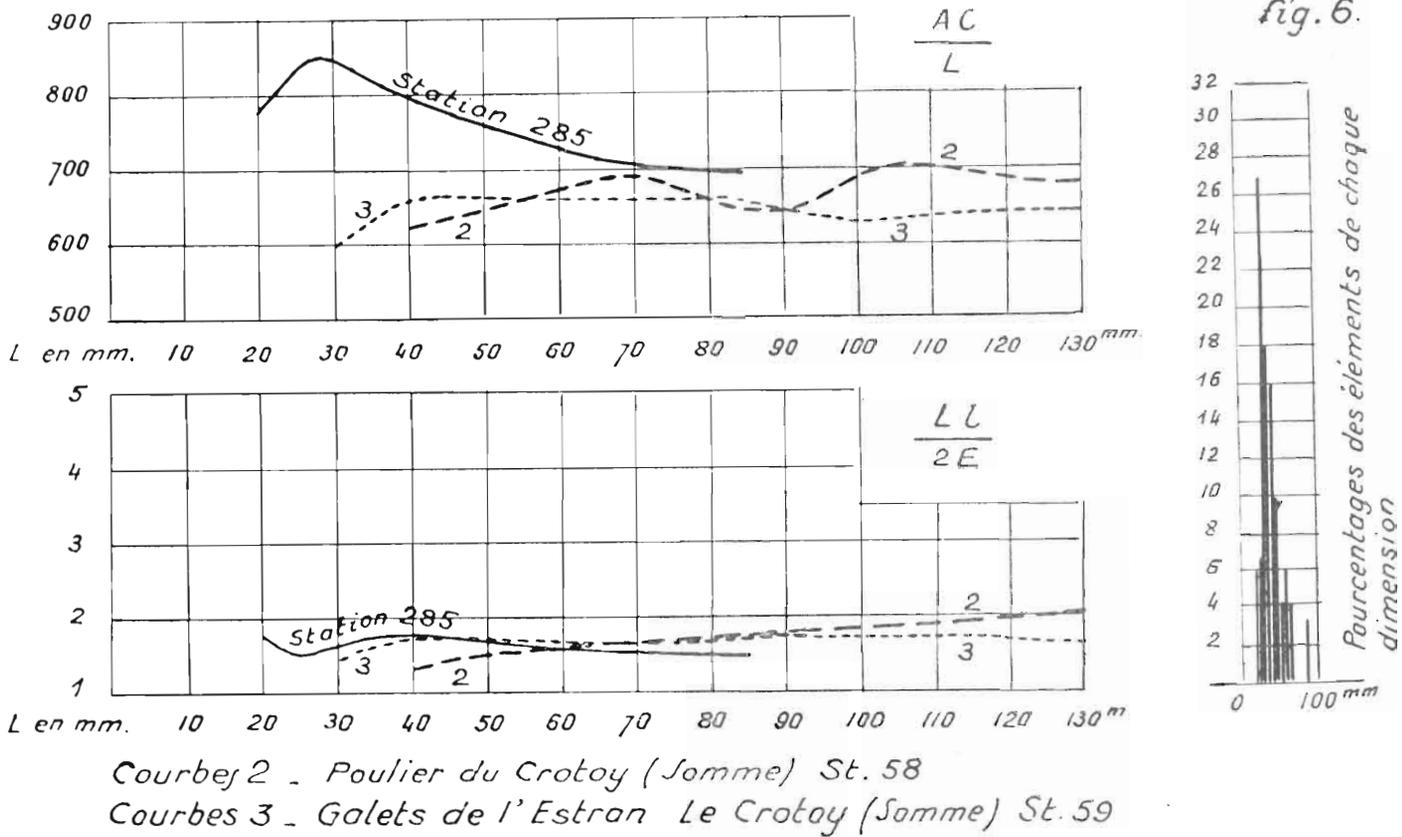
50°18' N. 0°20' E. Gr.; Prof. : 46 m. Pierres, graviers coquilliers : glauconie. Nummulites nombreuses (*N. laevigatus* Lmk. A et B.) Calcaire glauconieux en plaquettes. Silex nombreux et volumineux.

Eocène : nummulites, calcaire.

2° ETUDE DES GALETS ET DES BLOCS.

a) *Analyse morphoscopique.*

La station n° 285 est la seule ayant fourni une quantité assez importante de silex pour justifier d'une analyse morphoscopique. Les résultats sont représentés par les courbes de la fig. n° 6.



Pour faciliter la discussion des résultats, nous avons reporté sur le même graphique les courbes d'analyse morphoscopique de galets de silex du Crotoy.

*Dissymétrie.* - Les silex dragués à la station 285 possèdent des coefficients de dissymétrie extrêmement élevés avec un maximum de 850 pour les silex de 30 mm. L'ensemble de la courbe de dissymétrie est toujours nettement supérieure à celles des silex du Crotoy. Elle ne s'en rapproche que pour les valeurs de  $L = 70$  à  $85$  mm.

*Aplatissement.* - Les coefficients d'aplatissement des silex de la station 285 sont voisins de ceux des silex du Crotoy, toutefois, au-dessus de 70 mm, ils sont un peu moins aplatis que ces derniers.

*Série dimensionnelle.* - La série dimensionnelle est courte et bien groupée avec un seul maximum bien détaché.

En résumé, les silex de la station 285 présentent une dissymétrie extrêmement élevée qui exclut tout façonnement appréciable. Ils ont cependant pu subir un léger remaniement qui les a triés, mais ils n'ont certainement pas été fortement déplacés.

La conclusion de L. DANGEARD qui attribue une partie du dépôt de la station 244 au Crétacé est donc pleinement confirmée par cette observation.

### b) *Etude pétrographique.*

Nous avons employé plusieurs procédés pour l'étude pétrographique des échantillons recueillis : étude en section mince en lumière transmise, étude en lumière réfléchie de sections polies de certaines roches calcaires avec coloration par des colorants organiques (16) (11). Les échantillons de taille trop réduite ont été sertis dans du ciment avant polissage.

#### *Station 278 :*

Petits galets calcaires de 6 à 12 mm de longueur. Etude en plaque polie : Calcaire blanc à structure cryptocristalline. La roche présente de très nombreux vides, peut-être dus à des perforations. On y remarque des grains de quartz roulés. Sur certains échantillons nous avons pu observer une microfaune : miliolidae, rotalidae et bryozoaires.

Un galet est constitué par une poche très riche en foraminifères de la famille de miliolidae. Ils sont parfois juxtaposés ou réunis par de petits « ponts » calcaires dans lesquels on reconnaît des loges de bryozoaires.

Ces roches sont extrêmement remaniées. Elles peuvent être issues de formations jurassiques ou crétacées.

#### *Station 285 :*

Des roches nombreuses et variées ont été draguées dans cette station. Outre la série de silex que nous avons précédemment étudiés, on peut distinguer :

*Gneiss hololeucocrate.* - La roche est composée de feldspath très abondant, de quartz et d'un peu de chlorite.

Les feldspaths sont de l'anorthose abondante et de l'albite oligoclase à 20 % d'anortite. Les lamelles hémitropes de l'albite sont difficilement visibles par suite de l'altération.

Le quartz forme des plages assez étendues. Il est moins abondant que le feldspath. Ces plages sont composées d'éléments irréguliers à extinction roulante formant entre nicols croisés une fine mosaïque. Elles sont toujours accompagnées d'une poussière quartzeuse constituant des glandules plus ou moins étendues.

La chlorite existe en plages contournées, fibreuses, à extinction roulante.

Minéraux accessoires et d'altération : Corindon, Zoïzite, Rutile.

#### *Grès feldspathique à ciment phylliteux.*

La structure est grenue. Dans un ciment phylliteux, on observe : quartz en éléments irréguliers toujours anguleux (25 à 250 microns). Certains grains de quartz sont

extrêmement dentelés au pourtour et semblent indiquer que ce quartz a une origine granitique (7). Les extinctions roulantes sont rares.

Feldspath assez abondant, toujours séricitisé, c'est de l'albite-oligoclase à 15-20 % d'anorthite dont les lamelles hémitropes sont toujours difficilement visibles par suite de l'altération.

Biotite peu abondante, en lamelles souvent déformées. La séricite est au contraire très abondante et concourt pour une part importante à la formation du ciment en association avec la chlorite.

#### *Grès à ciment ferrugineux.*

Le ciment ferrugineux de la partie centrale est plus clair et moins résistant qu'à la périphérie où l'oxyde de fer semble associé à un peu de manganèse.

Les grains de quartz sont transparents ou translucides, rarement très anguleux, le plus souvent émoussés, parfois roulés, mais les grains subsphériques sont rares. Le quartz noir est peu abondant. Les grains sont de dimensions très variables dans les sections. (Les diamètres apparents varient dans la proportion de 1 à 10).

Le feldspath est très rare, l'albite paraît exister seule.

#### *Grès glauconieux à ciment calcaire.*

Dans un fond de calcite très finement grenue, claire ou légèrement teintée par de l'oxyde de fer, nous avons observé :

Quartz en grains habituellement anguleux, parfois légèrement émoussés. Les dimensions extrêmes de ces grains vont de 40 à 300 microns mais il existe une très forte proportion de grains dont les diamètres sont compris entre 120 et 150 microns.

Séricite très rare.

Glauconie très abondante, en grains irréguliers qui paraissent provenir de moules d'organismes, les grains à section circulaire sont rares.

Faune : fragments indéterminables de macrofossiles. Sections de foraminifères : buliminidae, textularidae, lagenidae.

#### *Calcaire blanc à ciment siliceux :*

Au microscope, la structure est presque totalement sphérolitique, ce n'est que de place en place qu'elle est très finement grenue sans jamais atteindre la structure cryptocristalline des silex typiques.

On observe, en lumière naturelle, de très nombreux spicules globuleux. Leur diamètre varie de 22 à 130  $\mu$ . Ils nous paraissent le plus souvent être à l'origine de la structure sphérolitique. Dans les sphérolites, la partie centrale est constituée par du quartz en très petits éléments imbriqués les uns dans les autres en fine mosaïque. Cette partie centrale est entourée de quartzine dans laquelle pénètrent des étoilements de quartz. L'ensemble est cerné par une étroite bande de calcédonite.

Cette manière d'être correspond à celle des silex à structure non cryptocristalline décrits par L. CAYEUX (12).

Nombreux témoins calcaires à contour très irrégulier et dimensions variables (100 à 370 microns).

Petits grains de quartz détritique à extinctions roulantes de 60 à 120 microns de diamètre. Ces grains sont parfois nourris de silice secondaire à leur périphérie.

Muscovite à extinction onduleuse en petites lamelles, très rare.

*Calcaire glauconieux à foraminifères.*

Le fond de la préparation est constitué par du calcaire finement grenu avec quelques fragments de quartz anguleux de petite taille.

La glauconie est extrêmement abondante et affecte des formes variées :

- a) Grains roulés détritiques. Ces grains sont très frais et montrent la teinte verte caractéristique du minéral.
- b) Fragments à formes très capricieuses provenant de moules d'organismes dont le test a disparu.
- s) Remplissage de tests de foraminifères.

La microfaune est très abondante et essentiellement constituée par des foraminifères : textularidae, rotalidae, buliminidae ; verneuulinidae, lagenidae, globigerinidae à test mince ou épais mais toujours lisse.

*Calcaire à structure microgrenue.*

La structure est microgrenue, la roche est plus ou moins fortement teintée en gris foncé ou en ocre.

Il existe de nombreux canalicules creusés par des éponges perforantes. La fine boue calcaire qui les remplissait a disparu lors de la taille.

Cette boue originelle est riche en hydroxyde de fer. Les petits canaux se remplissent très rapidement d'une substance rouge possédant une biréfringence élevée par rapport à la calcite, c'est donc très probablement de la ferrodolomite ( $\text{CO}_3\text{Ca CO}_3\text{Fe}$ ) (24). Aux épontes de ces filonets cristallise de la calcite claire qui paraît remplacer progressivement la ferrodolomite, réduite alors à un mince liseré au centre du canal colmaté.

Il est impossible de préciser si cette recristallisation est uniquement contemporaine de la sédimentation actuelle mais, cependant, le milieu paraît favorable à son développement ou à son achèvement.

Ceci montrerait que les attaques que subit la roche par les éponges perforantes peuvent être au moins partiellement réparées.

*Calcaire oolithique.*

La roche est essentiellement constituée par des oolithes calcaires dont la partie externe est rubéfiée. Les oolithes sont réunies par un ciment de calcite finement grenue. Nous avons observé quelques loges de foraminifères enveloppantes, surtout vers la partie externe des oolithes (17). Les sections des oolithes sont habituellement circulaires mais elles peuvent également être très aplaties.

*Nodules de limonite.*

Parmi les échantillons de la station 285, nous avons rencontré plusieurs nodules de limonite répondant en tous points à la description sommaire donnée par L. DANGEARD.

Le plus gros atteint les dimensions suivantes: long. : 140 mm; larg. : 110 mm; ép. : 50 mm.

La croûte ferrugineuse est d'épaisseur variable, elle peut atteindre 20 mm mais aussi n'avoir que 3 à 5 mm.

La partie centrale présente l'aspect argileux signalé par L. DANGEARD.

Au microscope, en lumière transmise, le fond de la préparation montre une teinte jaune foncé, avec des plages rubéfiées suivant des aires rubannées à bords diffus. En lumière polarisée, la couleur du fond reste inchangée.

Le quartz apparaît en très petits fragments anguleux, parfois légèrement émoussés. Ses dimensions apparentes varient de 12 à 140 microns. Nous avons observé de petites enclaves sombres formées de débris végétaux, certaines sont assez étendues pour être visibles à l'œil nu.

Ayant eu l'idée de calciner au Mecker, en creuset de platine cette curieuse matière argileuse, nous avons obtenu un résidu noir possédant une grande perméabilité magnétique.

Nous avons alors fait l'analyse chimique complète de cette matière argileuse et nous avons obtenu les résultats suivants :

H <sup>2</sup> O à 105° .....		0,46	
H <sup>2</sup> O (au rouge) .....		9,85	
SiO <sup>2</sup> insoluble .....	12,45	} 89,93	
SiO <sup>2</sup> soluble .....	6,50		
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> .....	20,60		
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> .....	26,80		
S .....	21,35		
CaO .....	1,25		
CO <sup>2</sup> .....	0,98		
Total .....			100,24

A l'aide de ces résultats, nous avons calculé la composition minéralogique probable du sédiment :

Quartz .....	12,45
Pyrite ..	48,20
Calcite .....	2,20
Kaolinite .....	14,10
Gibbsite .....	23,10
	<hr/>
	100,05

La formation des nodules de limonite est facilement explicable puisqu'on sait, d'après GALLIHER (19) que le cycle des sulfures dans la sédimentation est intimement lié au métabolisme animal et à la présence de bactéries donnant naissance à l'hydrogène sulfuré.

*Bois fossile.*

En outre des petits fragments contenus dans l'argile pyriteuse des nodules de limonite, la drague a ramené des fragments de bois fossile. (Le plus gros a les dimensions suivantes en mm : 140 × 80 × 70.)

Ces bois sont noirs, fragiles, parfois recouverts d'une couche de limonite. Dans les fentes de ce bois et entre les couches ligneuses, on observe une très grande quantité de petits cristaux de pyrite, disposés en lits plus ou moins réguliers et toujours entassés les uns sur les autres avec de multiples pénétrations.

Les formes cristallines sont difficilement observables mais, cependant, nous avons pu noter la présence d'octaèdres a<sup>1</sup> tronqués par *p*. On rencontre également des formes aplaties suivant un axe quaternaire analogues à celles décrites par A. LACROIX (20).

Ces bois fossiles font incontestablement partie du même dépôt que les nodules de limonite à noyau d'argile pyriteuse. Cette formation géologique est probablement à rapporter au Néocomien comme l'a fait DANGEARD. Il ne semble pas, en effet, que la pyritisation soit actuelle. LACROIX (21) a, en effet, montré qu'elle ne se produisait que dans des sédiments à faciès vaseux, ce qui n'est pas le cas ici comme le montrera l'analyse granulométrique.

Densité déterminée au picnomètre . . . . .	3,46
Perte en H <sup>2</sup> O à 105° . . . . .	4,72
Perte au rouge . . . . .	38,10
	<hr/>
Total . . . . .	42,82

Le résidu de la calcination qui représente 58,18 % est constitué d'un culot gris foncé. Il offre une grande perméabilité magnétique et est en totalité attirable à l'aimant.

*Station 290 :*

Les roches récoltées à cette station sont uniquement des silex gris, foncés ou clairs, de forme très irrégulière avec de nombreux animaux fixés.

Ces silex, de formes très capricieuses, présentent des coefficients de dissymétrie très élevés (voisins de 900). Ces roches sont certainement exemptes de façonnement. Les échantillons récoltés ne sont malheureusement pas assez abondants pour qu'il soit possible de construire une courbe morphoscopique.

Silex en place : Crétacé.

*Station n° 359 :*

La drague a rapporté de nombreux silex : gris clair ou gris foncé, mais le plus souvent noirs et auréolés.

Ils sont couverts d'un très grand nombre d'animaux fixés, en particulier de tubes de serpules qui ont un très grand développement sur certains échantillons. Leur épaisseur y atteint 15 mm par des enroulements superposés.

Ces silex ne présentent aucun façonnement. Ils sont restés sur place après avoir été dégagés du calcaire, ou bien ils ont subi un transport insuffisant pour être façonnés ou même triés.

*Calcaire à foraminifères.*

La roche est un calcaire blanc qui porte parfois de nombreuses perforations dues à des clones ou des algues perforantes. La structure est microgrenue mais, dans certaines préparations, elle est presque cryptocristalline.

Nous avons également observé des plages de calcite claire recristallisée.

Quelques très rares grains de quartz anguleux.

La microfaune est abondante et assez variée :

Algues calcaires, bryozoaires, spicules de spongiaires, spicules d'holothurie.

Foraminifères abondants : rotalidae, textularidae, globigerinae, miliolidae.

Calcaire et Silex : Crétacé.

Cette station permet de préciser la limite entre le Crétacé et l'Eocène restée indéfinie entre les stations 542 et 543 de L. DANGEARD.

*Concrétions calcaires actuelles.*

Ces concrétions ont de 25 à 30 mm de diamètre et sont essentiellement composées de tubes de serpules enroulés les uns sur les autres.

Le diamètre moyen de l'intérieur de ces tubulures est voisin de 2 mm. Dans les sections polies les parois sont d'épaisseur très irrégulière. Les diamètres extérieurs des tubulures peuvent être compris entre 2,5 mm et 3 mm et peuvent même aussi atteindre 3,5 mm.

Il existe fréquemment des colonies de bryozoaires encroûtants qui enrobent les pelotons de serpules. Les vides entre les tubes des annélides et parfois l'intérieur même de ceux-ci sont tapissés de spicules siliceux. Ce sont des mégasclères épineux de monactinellidae (22).

3° ETUDES DES SABLES.

a) *Analyse granulométrique.*

*Granulométrie totale du sédiment.*

Tous les échantillons récoltés sont riches en débris organogènes calcaires. Ils contiennent en outre, principalement dans le domaine des graviers et gravettes (16,5 mm à 2,9 mm) quelques fragments de roches calcaires.

La présence des éléments grossiers ne peut être séparée de la fraction sableuse sans qu'il en résulte une connaissance incomplète des conditions de sédimentation, c'est la raison pour laquelle la fig. 7 représente la totalité du dépôt (voir page 492).

On remarquera que les sédiments des stations 282 et 285 présentent une forte proportion d'éléments grossiers. Toutefois, pour l'échantillon 285, l'importance des résidus sur les tamis à grandes mailles a été très augmentée par la présence de nombreux débris de bois pyritisé.

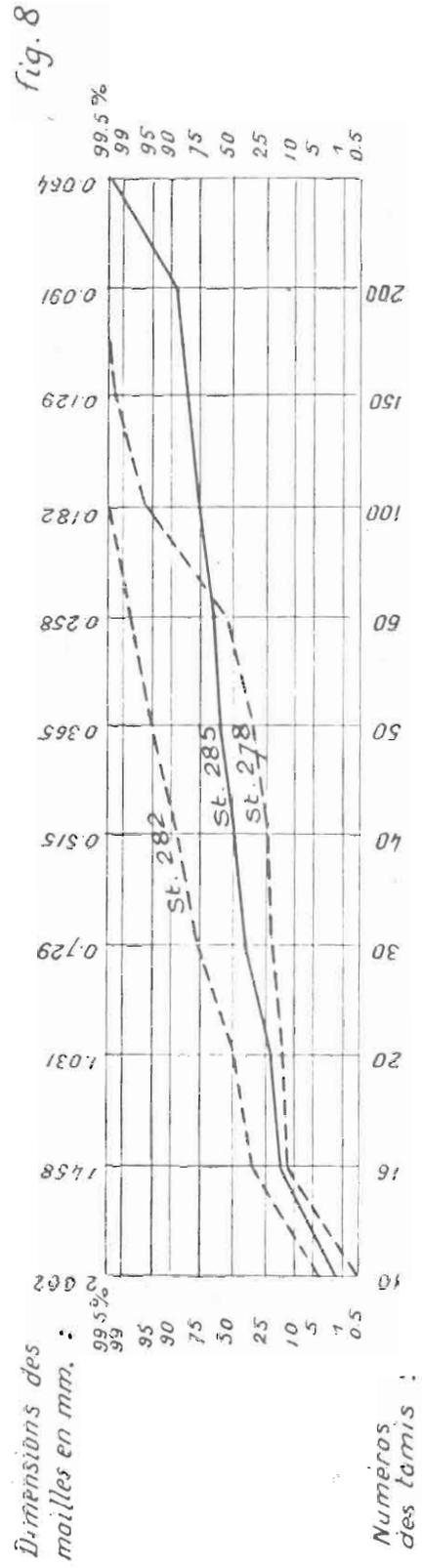
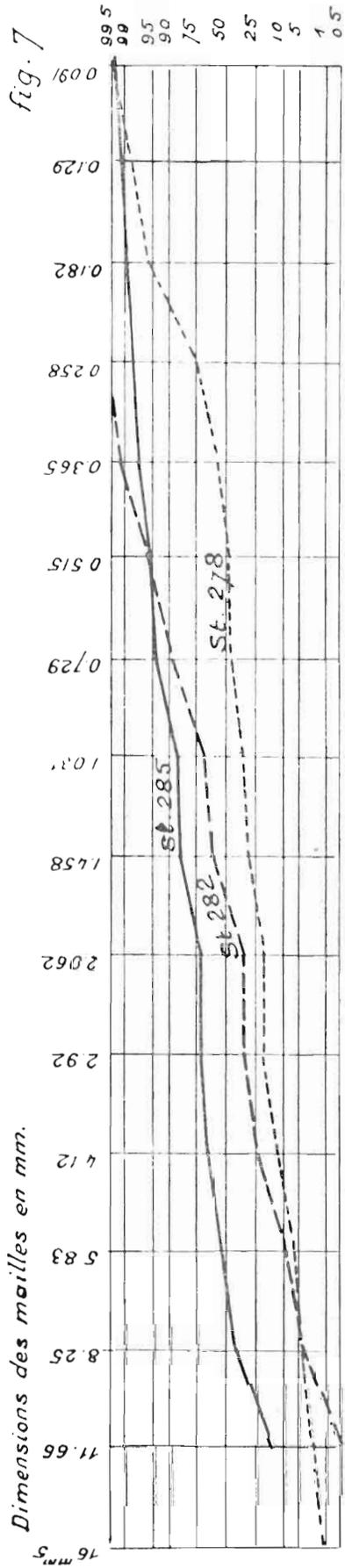
L'échantillon 278 est beaucoup plus fin et mieux trié que les deux précédents.  
La composition minéralogique de la fraction grossière est donnée dans le tableau n° 3.

TABLEAU III

DIMENSION DES MAILLES EN MM	STATION N° 278	STATION N° 282
16,50	coquilles	
11,66	silex, coquilles	
8,25	grès à ciment ferrugineux silex roche éruptive leucocrate petits galets calcaires (voir étude pétrographique)	quartz roulé grès micacé schiste noir grès roux patiné
5,83	silex très abondant grès quartzite gris foncé (rare) grès roux à grain fin (patiné) grès à ciment ferrugineux quartz calcaire (voir étude pétrographique)	silex abondant grès roux à grain fin micropoudingue à ciment ferrugineux roche éruptive leucocrate quartz anguleux quartz roulé et patiné
4,12	silex très abondant grès roux patiné à grain fin grès à ciment ferrugineux quartz quartzite granite schiste noir grès à ciment calcaire	silex rare grès roux, très abondant grès à ciment ferrugineux quartzite blanc micropoudingue à ciment ferrugineux granite leucocrate à mica blanc roche amphibolique quartz roulé
2,92	silex abondant grès roux grès à ciment ferrugineux quartz patiné quartz blanc très roulé	silex assez abondant quartz très roulé, parfois globuleux et très dépoli grès roux très abondant grès à ciment ferrugineux granite amphibolite gneiss schiste noir

L'examen de ce tableau nous a suggéré les remarques suivantes :

1° Ces deux stations qui n'ont pas fourni de roches, possèdent dans leurs graviers une variété pétrographique beaucoup plus grande que toutes les autres stations.



2° L'abondance des silex dans tous les résidus indique la proximité du Crétacé.

3° Les roches calcaires sont extrêmement rares.

*Granulométrie du résidu insoluble (fraction sableuse).*

La courbe granulométrique de l'échantillon de la station 285 est très approximative car de nombreux débris de bois fossiles se fragmentent pendant le tamisage. Nous nous en sommes assurés en effectuant deux tamisages consécutifs du même échantillon. Nous avons alors constaté une importante augmentation des résidus sur les tamis fins au détriment des résidus sur les premiers cribles qu'une poussière fine couvrait encore après la première opération.

Les résultats sont traduits graphiquement sur la fig. n° 8 (voir page 492).

La courbe du sable de la station n° 282 représente un sédiment beaucoup plus grossier que celle de la station n° 278 qui a fourni un sédiment assez fin, à triage sélectif.

Les teneurs en carbonates de la fraction sableuse sont les suivantes :

	CO <sup>3</sup> Ca
Station n° 278 . . . . .	36,4
Station n° 282 . . . . .	66,3

Elles représentent les éléments organogènes car les grains de roche calcaire sont encore plus rares ici que dans la fraction graveleuse étudiée précédemment.

**b) Etude morphoscopique du quartz.**

Les résultats de l'étude morphoscopique du quartz sont représentés par les courbes de la fig. 4 où sont totalisés tous les grains usés : émoussés luisants, ronds luisants et ronds mats.

*Station 278 :*

Les grains émoussés luisants sont toujours très prédominants. Les grains ronds luisants ne dépassent pas 10 % en moyenne, sauf entre 0,515 mm et 0,365 mm où ils atteignent 20 %.

Les grains ronds, mats, sont peu abondants, ils n'atteignent 10 % qu'entre 0,729 mm et 0,515 mm. Donc apport éolien très faible.

*Station 282 :*

Les grains émoussés luisants prédominent. Les grains ronds luisants varient de 11 à 15 % entre les limites 1,458 mm et 0,365 mm. Ils atteignent 30 % pour les grains de 2 mm.

Les grains ronds mats atteignent 10 % dans les limites 1,458 mm à 0,729 mm.

Conclusion : usure importante dans le transport par l'eau. Apport éolien faible.

*Station 285 :*

Les grains émoussés luisants sont très prédominants. Les grains ronds luisants n'atteignent 10 % que dans les limites suivantes : 2,062 mm à 1,031 mm et 0,515 mm à 0,365 mm.

Il n'existe pas de grains ronds mats.

L'usure s'est faite exclusivement en milieu aqueux, pas d'apport éolien.

Le quartz est beaucoup plus usé ici que dans la rade de Brest. Ceci peut sans doute s'expliquer par l'absence d'apport frais. Le quartz des stations que nous venons d'étudier proviennent de la désagrégation de roches sédimentaires. Ils ont déjà été façonnés au moins partiellement dans un ou plusieurs cycles sédimentaires antérieurs.

**c) Etudes des minéraux lourds.**

Les minéraux lourds ont été séparés au bromoforme. Nous avons obtenu les poids suivants rapportés à 100 g de résidu insoluble.

	Pourcentage de la fraction		Total
	attirable à l'aimant	non attirable	
Station n° 278 .....	0,033	0,017	0,050
Station n° 282 .....	0,036	0,111	0,147
Station n° 285 .....	8,120	10,630	18,750

La teneur énorme en minéraux lourds de l'échantillon 285 est due à l'abondance de la pyrite dont nous avons déjà signalé la présence dans l'étude des nodules de limonite et des bois fossiles. Il nous a été impossible d'étudier les minéraux transparents dans cette masse énorme de grains opaques.

Les résultats de l'étude des minéraux transparents des stations 278 et 282 sont indiqués dans le tableau n° 4.

Aucune comparaison minéralogique intéressante ne peut être tirée de l'étude de deux assemblages de minéraux lourds provenant de deux stations aussi éloignées.

Nous nous bornerons à souligner leur disparité, l'une étant voisine des côtes anglaises, l'autre des côtes françaises.

Les résultats de notre étude sont donnés à titre documentaire. Ils ne pourront être utilisés qu'avec d'autres prélèvements.

**III. — REPARTITION GRANULOMETRIQUE DES ELEMENTS ORGANOGÈNES**

Nous avons signalé, au cours de cette étude, l'importance de la teneur en éléments organogènes des échantillons examinés. Il nous a paru intéressant de comparer leur répartition granulométrique avec celle des minéraux constituant le résidu insoluble.

TABLEAU IV

MINÉRAUX	POURCENTAGES EN VOLUME		PROPORTIONS COMPARATIVES PAR RAPPORT A L'ÉCHANTILLON LE PLUS RICHE EN MINÉRAUX	
	S. 278	S. 282	St. 278	St. 282
Zircon .....	1,3	0,8	0,4	0,8
Tourmaline .....	7,9	13,6	2,3	13,6
Indicolite .....		5,2		5,2
Spinnelle .....	6,4		1,8	
Staurotide .....		1,1		1,1
Andalousite .....	35,8		10,3	
Fibrolite .....		8,5		8,5
Rutile .....		0,4		0,4
Hornblende commune .....	11,8	13,6	3,4	13,6
Hornblende brune .....		1,8		1,8
Augite .....		1,2		1,2
Zoizite .....	35,5	1,8	10,2	1,8
Chloritoïde Ottrélite .....	1,3		0,4	
Saussurite .....		52,0		52,0
	100,0	100,0	28,8	100,0

*Mode opératoire.*

Un prélèvement de 150 g environ de sable coquillier est tamisé et les résidus et filtrats sont pesés. Résultats A.

Après cette opération, tous les résidus sont réunis et les carbonates sont éliminés par traitement à l'HCl dilué. Après lavage et séchage, le résidu insoluble est à nouveau tamisé sur les mêmes cribles puis les résidus sur chaque tamis sont pesés ainsi que le dernier filtrat. Résultats B.

Les résultats A des pesées du sable coquillier sont rapportés à 100 g.

Les résultats B des pesées des minéraux constituant l'insoluble sont calculés proportionnellement au résultat A.

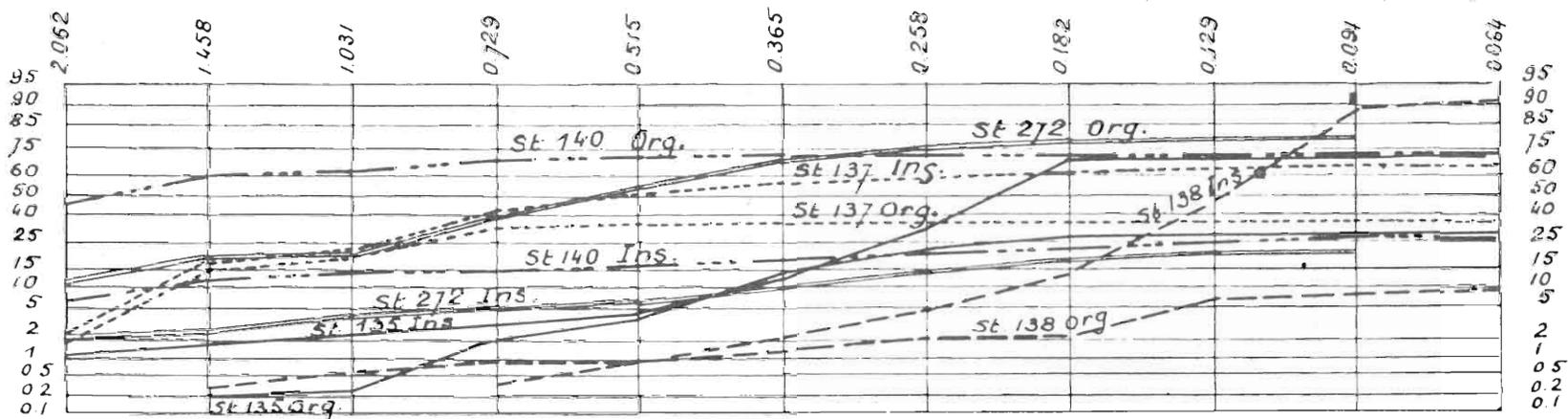
Par différence entre les deux nombres obtenus pour chacun des cribles, on obtient la quantité de carbonate de chaux éliminé dans l'intervalle dimensionnel de deux cribles successifs.

On peut alors construire les courbes cumulatives qui indiqueront la répartition granulométrique des minéraux insolubles et des carbonates (éléments organogènes).

Il est bien évident que cette méthode n'est applicable que dans le cas de sables dépourvus de calcaire détritique ou n'en contenant qu'une très faible proportion.

Dimensions des mailles en mm.

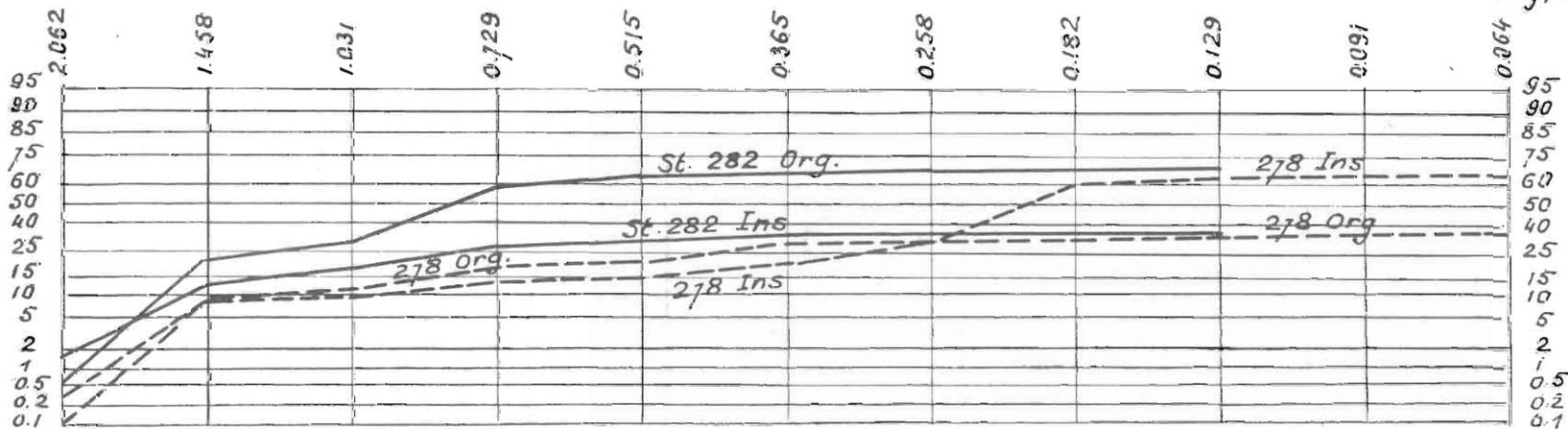
fig. 9



Org. = fragments organogènes  
 Ins. = fraction insoluble

Dimensions des mailles en mm.

fig. 10



Org. = fragments organogènes  
 Ins. = fraction insoluble.

Les résultats de l'application de cette méthode aux sables de la Rade de Brest sont donnés par la figure n° 9.

Les courbes représentant la fraction insoluble et la fraction soluble de chaque sédiment y sont figurées par des traits du même type. On remarquera que les deux fractions possèdent des granulométries extrêmement différentes dont le total fournirait évidemment la courbe du sédiment non décalcifié.

Si nous comparons les densités des deux principaux minéraux en présence :

Quartz : densité 2,653 à 2,654

Calcite : densité 2,715

la différence qui apparaît est très faible. En réalité, elle est encore moins importante puisqu'il s'agit de fragments coquilliers et non de calcite massive cristallisée. Plusieurs mesures faites au laboratoire de J. BOUCART ont montré une identité presque parfaite des densités du quartz et du carbonate de chaux de fragments organogènes.

Les disparités observées dans la répartition granulométrique des minéraux insolubles et des fragments organogènes nous paraissent donc principalement imputables aux différences de formes qui seraient prépondérantes dans le transport par les courants.

Les granulométries des minéraux insolubles et des fragments coquilliers des sédiments dragués en Manche sont indiquées sur la fig. 10.

On remarquera que les différences sont moins accentuées que dans la plupart des échantillons de la rade de Brest, bien qu'elles soient encore considérables.

Le très faible pourcentage de grains de calcaire détritique que l'on rencontre dans ces sables nous paraît incapable d'avoir modifié les résultats d'une manière appréciable.

Il est possible qu'une plus forte usure des fragments organogènes ait atténué les écarts précédemment observés dans la rade de Brest.

## RESUME ET CONCLUSIONS

L'étude morphoscopique, pétrographique et minéralogique de la station 272, en rade de Brest, a montré que le sédiment de cette station avait probablement une origine continentale.

L'étude des sables de l'Anse de Sainte-Anne du Portzic nous a permis de préciser les conditions de sédimentation et de transport des minéraux par les courants.

Nous avons également démontré que, par une représentation graphique appropriée, il était possible d'établir une corrélation entre la granulométrie de la fraction légère et celle de la fraction lourde d'un sédiment. Cette méthode, dont nous avons fait ici la première expérience, nous paraît ouvrir un intéressant champ de recherches sur la granulométrie des sédiments.

L'étude morphoscopique du quartz nous a permis de confirmer les observations de A. CAILLEUX sur le façonnement des grains dans les régions de roches éruptives et de les compléter par de nouvelles remarques.

Dans l'étude des sédiments de la Manche, nous avons confirmé les observations faites par L. DANGEARD, dans des stations voisines de celles dont nous avons étudié les échantillons. Disposant sensiblement des mêmes matériaux d'étude que cet excellent observateur, nous avons pu, dans certains cas, compléter ses résultats grâce à des techniques plus récentes, en particulier dans l'étude de l'argile pyriteuse de la station 285.

L'étude des sables et des graviers des stations 278 et 282 nous a permis de fournir des documents précis pour des recherches futures, mais nous avons renoncé à une interprétation qui aurait pu être prématurée.

Enfin, dans un dernier paragraphe, nous avons mis en évidence la disparité de la répartition granulométrique des minéraux insolubles et des fragments organogènes dans les sédiments.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. BERTHOIS (L.). — Contribution à l'étude de l'érosion marine et la formation des galets. *Bol. da Soc. Geol. de Portugal*, **3**, 1949.
2. Remarques sur la statistique granulométrique dans l'étude des sables. *Instr. Techn. du C.R.E.O.* Fasc. 1.
3. Contribution à l'étude lithologique des galets du fond de la Manche *C.R.E.O.* Station de de la Rochelle. Fasc. 3, p. 1 à 8.
4. BERTHOIS (L.) et AUBERT (M.). — Nouvelle méthode d'étude des sables marins. *C.R.A.S.*, **230**, 1950, p. 1304-1306.
5. BERTHOIS (L.). — Nouvelle méthode d'étude quantitative des assemblages de minéraux lourds. *Bull. Inst. Océan.* Monaco n° 912, 1947.
6. BOURCART (J.). — Essai d'une classification raisonnée des matériaux meubles. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 5<sup>e</sup> série, **11**, 1941.
7. BOURCART (J.), AUZEL (M.) et MICHEL (J.). — Sur l'altération des grains de quartz dans certains calcaires. *C.R.S. Soc. Géol. Fr.* n° 13, 1933.
8. BRAJNIKOV (B.), FRANCIS-BŒUF (Cl.) et ROMANOVSKY (V.). — Techniques d'étude des sédiments. *Actual. Scient. Ind.*, n° 952, 1943.
9. CAILLEUX (A.). — Distinction des galets marins et fluviatiles. *Bull. soc. Géol. Fr.* 5<sup>e</sup> série, **15**, 1945.
10. CAILLEUX (A.). — Distinction des sables marins et fluviatiles. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 5<sup>e</sup> série, **13**, 1943.
11. CANAL (P.). — Etude de coloration sélective de la calcite sur les surfaces polies. *Rev. Inst. Fr. Petr.*, n° 5, mai 1947.
12. CAYEUX (L.). — Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. Paris, Imp. Nat., 1929.
13. COLLIN (L.). — Les vallées sous-marines de la côte Ouest du Finistère. *Bull. Soc. Océan. Fr.* n° 77 et 78, 1934.
14. DANA RUSSEL (R.). — Effects of transportation on sedimentary particles. *Rec. Mar. Sediment. Trask. Am. Ass. Petr. Geol.*, 1939, p. 33.
15. DANGEARD (L.). — Observations de géologie sous-marine et d'océanographie relatives à la Manche. *Ann. Inst. Océan*, **6**, F (1), 1928.

16. DANGEARD (L.). — Etude des calcaires oolithiques par coloration et décalcification. *C.R.A.S.* **202**, p. 1796 et *Bull. Soc. Géol., Fr.*, 5<sup>e</sup> série,
  17. DANGEARD (L.). — Foraminifères enveloppants des oolithes et des pisolithes. *Bull. Soc.*, 4<sup>e</sup> série, **30**, 1930.
  18. EDELMAN. — Petrologische provinces in het Nederlandsche Kwatair Amsterdam, 1933.  
Die Petrologie der sande der niederländischen Flüsse Rijn, Lek, Waal, Merwede und Geldersche Ijssel Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen, **38** (3).
  19. GALLIHER. — *Journ. Sed. Petr.* Vol. 3, 1933 in PETTIJOHN. *Sedimentary rocks.* New-York, 1949.
  20. LACROIX (A.). — *Minéralogie de Madagascar*, **2**, Paris, 1922.
  21. LACROIX (A.). — *Minéralogie de la France*, **2**, Paris, 1899.
  22. RIDLEY. — Report of the Monaxonida collected by the « Challenger », **20**, 1887.
  23. SAPORTE (R.) et CANAL (P.). — Réalisation d'un électro-aimant pour la séparation magnétique des concentrés minéraux. *Revue Inst. fr. Petr. et Ann. des Comb. Liquides*, **2** (1), 1948.
  24. WINCHELL (A.). — *Elements of optical mineralogy*, 3<sup>e</sup> éd. New-York, 1933.
-