

Observations sur la dynamique des sables de la Pierre Noire (baie de Morlaix, Finistère, France)

Gérard-André AUFFRET*
Jean-Luc DOUVILLE**

MOTS-CLÉS : Transport, Sable, Séd.littorale, Granulométrie, Paragenèse
Manche, Mer(Morlaix, Baie)

RÉSUMÉ

~ Les sables de la Pierre Noire constituent une accumulation biogène à une vingtaine de mètres environ sous le zéro des cartes marines. Une carte bathymétrique et quelques profils sismiques ont montré la complexité de la morphologie en relation avec la présence du socle paléozoïque. Une quarantaine de prélèvements ponctuels ont été effectués suivant un réseau régulier.

L'étude granulométrique des échantillons a montré que la variabilité locale est très faible. Deux fractions granulométriques sont présentes, correspondant à des particules de nature différente. Des mesures de courant de longue durée au voisinage du fond

ont indiqué qu'il existait dans la zone une résultante dirigée vers l'Ouest. —

Des plans de vagues ont montré, en outre, l'existence de deux zones de haute énergie, à l'Est et à l'Ouest d'une zone d'énergie minimale correspondant à l'accumulation. La concentration de l'énergie de la houle au Nord-Est de la zone favorise vraisemblablement la mise en mouvement des particules les plus fines et leur transport vers le Sud-Ouest. Cette hypothèse rend compte à la fois de la morphologie de l'accumulation, de la composition pétrographique du sédiment (présence de Bryozoaires) et de sa distribution granulométrique.

ABSTRACT

-- The « Pierre Noire » accumulation (20 m depth) is mostly made up of biogenic sands. The bathymetric map as well as some seismic profiles show an irregular morphology in relation with the paleozoic basement. Fourty grab samples were collected within a regular grid.

The particle size distributions show that the local variability is low. They allow also to distinguish two fractions characterized by particles of different

nature. Long term bottom current measurements show a westward residual component. —

In relation with swell, two high energy areas are situated East and West of a central zone of low energy corresponding to the sand body. Presumably the energy concentration NE of the accumulation favor the initiation of the smallest particles transport. This hypothesis accounts both for the petrographic compositions and particles size distributions of the sand as well as for the morphology of the accumulation.

* Centre océanologique de Bretagne, B. P. 337, 29273 - Brest.

** Station biologique, 29211 - Roscoff.

SOMMAIRE

Résumé - Abstract.	5	IV - Etude dynamique	10
I - Introduction	6	1. Mesures de courant et méthode de dépouillement	10
II - Etude de l'environnement	6	2. Plan de vagues	12
1. Hydrologie	6	3. Conditions hydrodynamiques au voi- sinage du fond	13
2. Cadre bathymétrique	7	4. Implications sédimentologiques	14
3. Profils sismiques	8	Conclusion	16
4. Cadre biologique	9	Remerciements	16
III - Granulométrie et pétrographie sédimentaire	9	Références bibliographiques	16

Liste des figures

- Fig. 1. — Carte bathymétrique de la zone étudiée.
- Fig. 2. — Peuplements benthiques d'après L. CABIOCH [1968].
- Fig. 3. — Courbes granulométriques de deux prélèvements successifs effectués au point Y.
- Fig. 4. — Surface enveloppe des courbes granulométriques des sables de la Pierre Noire.
- Fig. 5. — Roses des courants de fond aux différents points de mesure pour le coefficient 95.
- Fig. 6. — Lignes d'égalité agitation (en m/s) sur le fond dues à la houle par temps de W.NW : $\lambda_0 = 100$ m, $T_0 = 12$ s (traits pleins) et temps d'E.NE : $\lambda_0 = 60$ m, $T_0 = 6,2$ s (pointillés).
- Fig. 7. — Abaque de BONNEFILLE.
- Fig. 8. — Pourcentages en fraction grossière supérieure à 315μ (courbes de 10 et 50 %) et en fraction silteuse inférieure à 100μ (courbes de 3 et 5 %).

I. INTRODUCTION

Depuis 1969, une équipe de recherche a été constituée à la station biologique de Roscoff (Finistère, France) dans le but d'étudier la dynamique des fonds marins et ses implications écologiques. Les accumulations sableuses biogènes sont fréquentes sur le littoral nord de la Bretagne. Leur intérêt économique est important, en tant que réserve potentielle de carbonate de calcium. Dans la région de Roscoff, ces accumulations sont situées à deux niveaux : le niveau inférieur est localisé au contact de la plate-forme calcaire cénozoïque du bassin sédimentaire de la Manche, vers

60 m de profondeur sous le niveau des plus basses mers [G. A. AUFFRET et *al.*, 1971], le niveau supérieur qui est l'objet de cette étude se situe sur une plate-forme du socle paléozoïque, à une vingtaine de mètres de profondeur. Du point de vue quantitatif ce deuxième faciès sédimentaire n'occupe en Manche armoricaine qu'une superficie relativement peu importante [L. CABIOCH, 1968], comprise entre le faciès des rias envasées (ici la zone interne de la baie de Morlaix) et le faciès de plate-forme de mer épicontinentale caractérisé par d'importants courants de marée.

II. ÉTUDE DE L'ENVIRONNEMENT

1. Hydrologie.

Une étude hydrologique de cette région a été réalisée par G. LEFEVRE-LEHOERFF [1972]. A la fin de l'hiver les températures sont voisines de 8° , la salinité infé-

rieure à 35‰ . Les eaux sont légèrement stratifiées ($\sigma_t = 27,00$ à $\sigma_t = 27,27$). En été les températures sont comprises entre 15° et 16° , et la salinité des eaux de fond supérieure à 35‰ . La stratification des eaux est plus marquée (de $t = 25,69$ à $t = 26,03$).

DYNAMIQUE DES SABLES DE LA PIERRE NOIRE

2. Cadre bathymétrique (fig. 1).

Une carte bathymétrique de la zone a été dressée à partir de nos levés et des données de la carte marine. La morphologie de la zone est complexe. Le socle paléozoïque constitue le substratum des côtes rocheuses et des nombreux îlots de la baie. Un profond chenal en partie colmaté correspond à l'ancien cours de la

Penzé et de la rivière de Morlaix. Le banc de la Pierre Noire, qui est l'objet de cette étude, est limité au Nord par le haut fond du Rater et au Sud par les roches de la Pierre Noire qui le séparent de la zone « estuarienne » de la baie de Morlaix. Sa profondeur moyenne est de 15 m environ au-dessous du niveau des plus basses mers ; il s'allonge sur 2,4 km dans le sens E-W.

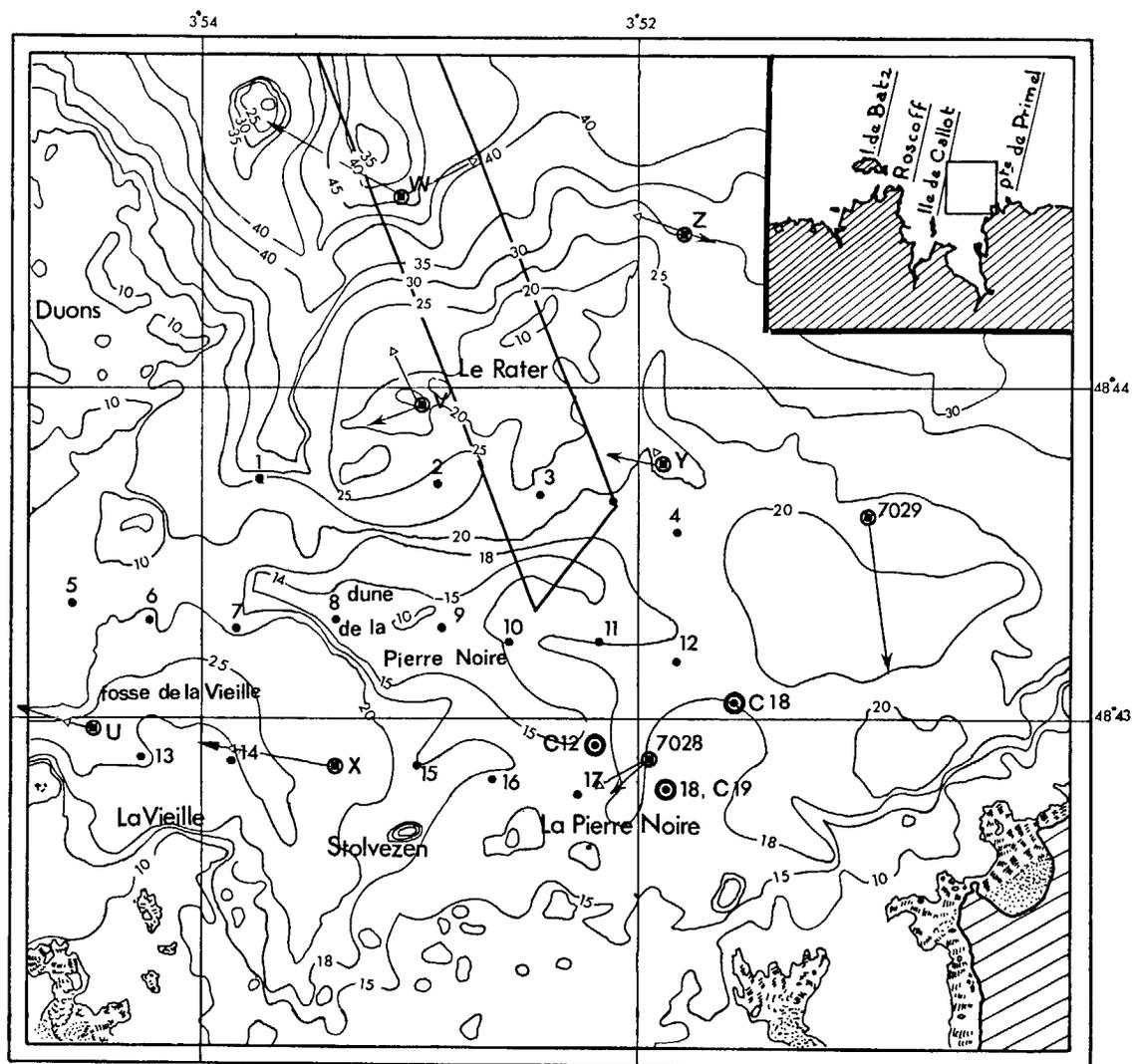


Fig. 1. — Carte bathymétrique de la zone étudiée.
 Les emplacements des prélèvements numérotés de 1 à 18 sont indiqués par des points noirs ; les points de mesures courantographiques par un carré noir inscrit dans un cercle ; les trois stations de prélèvements biologiques par un point entouré d'un cercle. Les résultantes des courants de fond sont représentées à l'échelle de la carte bathymétrique en vive-eau par une flèche noire, et en morte-eau par une flèche claire.
 A, B, C, D, E, F : repère des profils sismiques au Sparker de 60 joules.

3. Profils sismiques.

Nous avons pu réaliser dans cette zone quelques coupes sismiques à l'aide d'un sparker de 60 joules caractérisé par une bande de fréquence d'émission allant de 0.1 à 2 kilohertz. Ces enregistrements ont permis de distinguer :

1. le socle paléozoïque presque à l'affleurement sur le flanc nord-est du Rater ;
2. le comblement alluvial des paléovallées à l'Ouest et au Sud du Rater, qui consiste probablement en

matériel fluviatile et périglaciaire (limons et heads) déposés lors des bas niveaux marins du Quaternaire. Ce matériel semble déborder largement les paléovallées et s'étendre sur l'ensemble de la zone tel une nappe d'épandage d'où émergerait localement le socle rocheux. Cette nappe constituerait notamment le soubassement de la dune du Rater. Les sables biogènes qui leur sont superposés auraient sur le flanc est du Rater une épaisseur de l'ordre de huit mètres et une dizaine de mètres sur le flanc sud-est de la dune de la Pierre Noire.

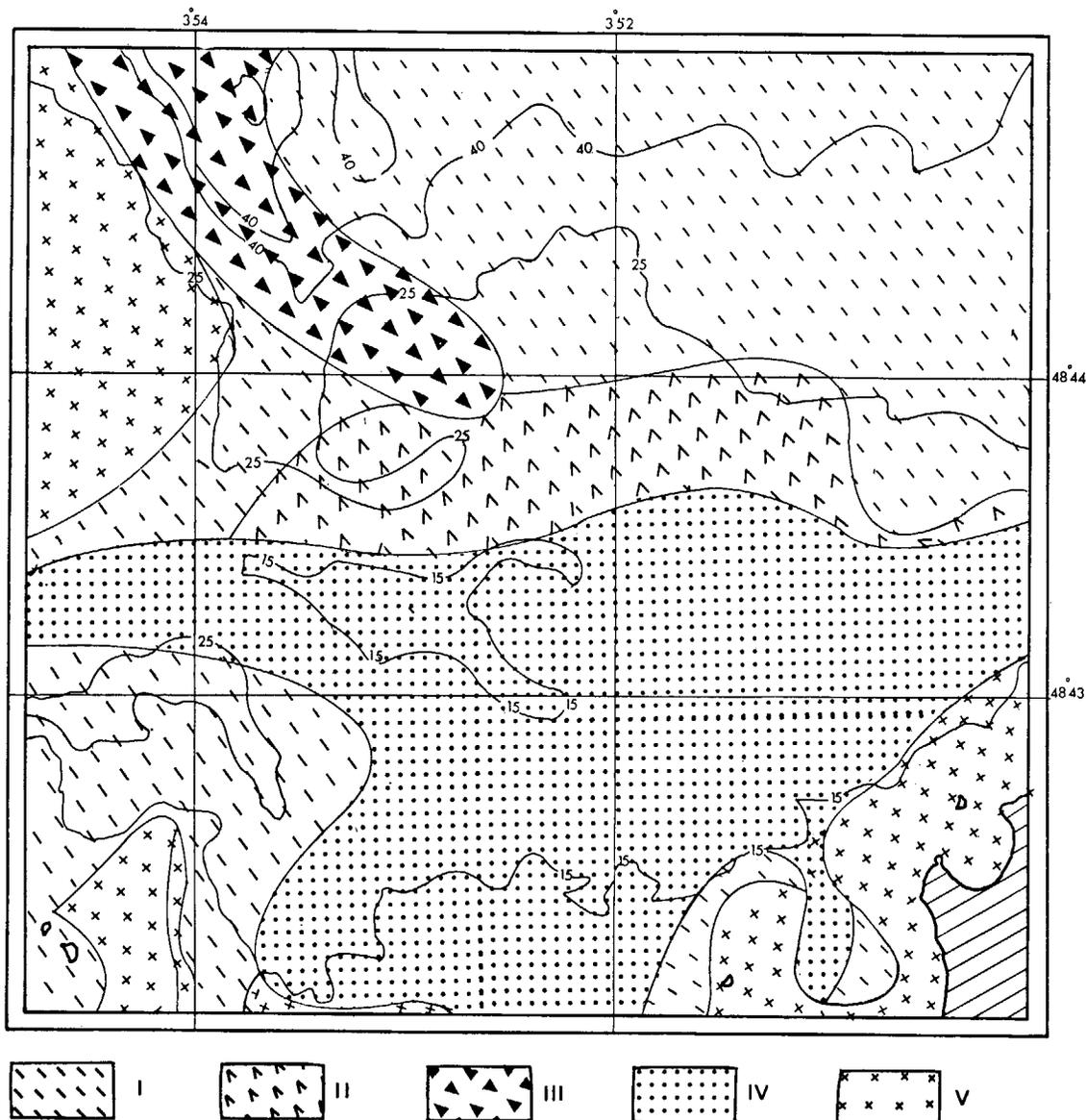


Fig. 2. — Peuplements benthiques d'après L. CABIOCH [1968].
 I. Faciès à *Venus fasciata* (typique). II. Sous-faciès à *Abra prismatica* et *Glycymeris glycymeris*. III. Sous-faciès d'épifaune à *Sabellaria spinulosa*. IV. Faciès à *Abra alba* et *Corbulla gibba* (sous-faciès à *Hyalinoecia bilineata*). V. Fonds rocheux.

DYNAMIQUE DES SABLES DE LA PIERRE NOIRE

4. Cadre biologique (fig. 2).

L. CABIOCH [1968] a désigné sous le nom de peuplement des sédiments fins à *Abra alba* et *Corbula gibba* (sous le faciès à *Hyalinoecia bilineata*) les populations variées des sables de la Pierre Noire. Il a étudié au moyen d'une drague la densité en nombre d'individus par m² en trois stations (fig. 1 : C 12, C 18, C 19).

La dominance moyenne par groupe zoologique est de 81 % pour les Mollusques (Lamellibranches : 75 %, Gastéropodes : 6 %), 9 % pour les Crustacés, 5 % pour les Polychètes, 4 % pour les Sipunculidés, 1 % pour les Echinodermes. La composition de détail du peuplement, telle qu'elle apparaît sur les relevés d'avril 1962 [L. CABIOCH, 1968] n'a que la valeur d'un exemple dont seules, les dominances globales présentent sans doute une certaine permanence. Il suffit d'observer

même sommairement, au fil des années, les peuplements des sables fins de la Pierre Noire, pour constater des fluctuations permanentes de l'abondance relative des espèces composantes. Néanmoins on doit souligner l'absence des Bryozoaires qui, comme nous le verrons plus loin, constituent une part très importante de la thanatocoenose.

A leur périphérie les sables fins dunaires passent à des sédiments grossiers à *Venus fasciata* qui sont présents sous trois faciès :

- a) faciès typique (fond coquillier hétérogène grossier) ;
- b) faciès à *Abra prismatica* et *Glycymeris glycymeris*, qui assure la transition vers les sables fins ;
- c) un faciès d'épifaune à *Sabellaria spinulosa*.

III. GRANULOMÉTRIE ET PÉTROGRAPHIE SÉDIMENTAIRE

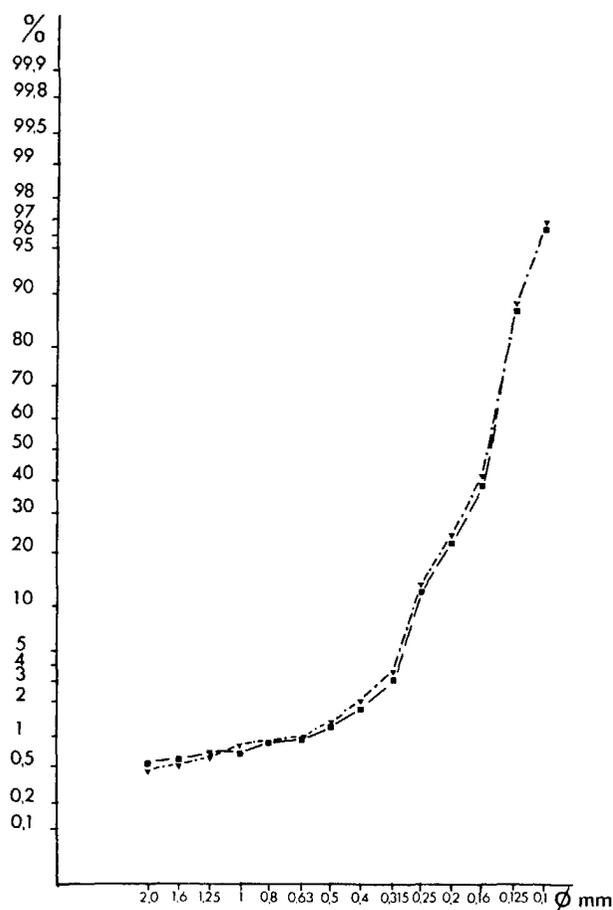


Fig. 3. — Courbes granulométriques de deux prélèvements successifs effectués au point Y.

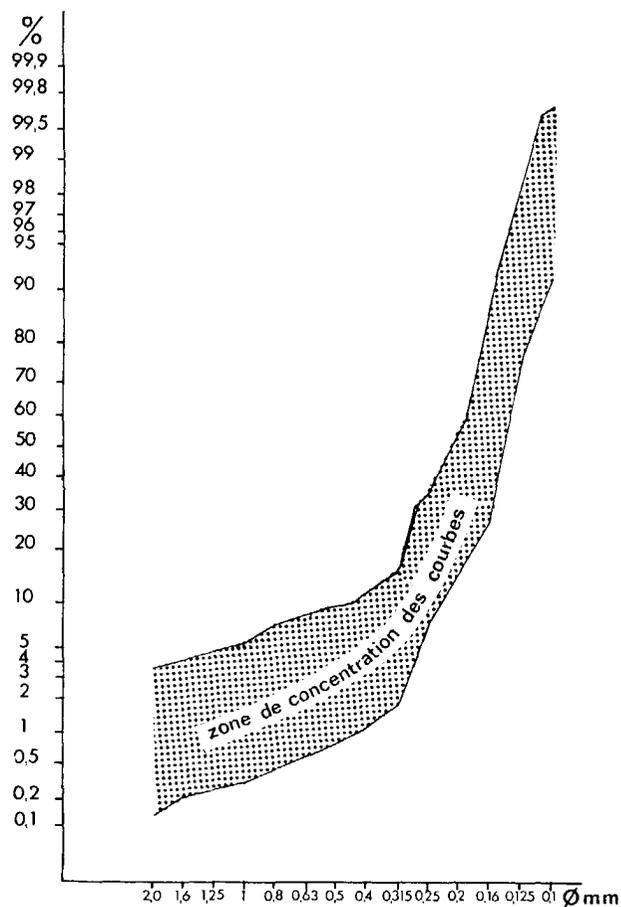


Fig. 4. — Surface enveloppe des courbes granulométriques des sables de la Pierre Noire.

Deux prélèvements d'échantillons à la benne orange-peel ont été effectués aux nœuds d'un réseau régulier, dans le but d'évaluer les variations locales (fig. 1) et régionales. La granulométrie des sables a été étudiée par tamisage ; la composition pétrographique des sédiments par comptage à la loupe binoculaire sur quatre fractions : supérieure à 2 mm, 2 à 0,8 mm, 0,8 à 0,315 mm, 0,315 à 0,100 mm. Deux cents grains environ étaient comptés et déterminés pour chacune des fractions sableuses, tandis que pour les graviers l'évaluation a été faite sur la totalité du résidu de tamisage. L'étude granulométrique a montré que la variabilité locale, à l'échelle d'une dizaine de mètres (intervalle entre deux prélèvements) est très faible (fig. 3). Une telle identité des distributions granulométriques suggère *a priori* un triage hydrodynamique. Deux fractions granulométriques sont présentes simultanément, comme le montre l'enveloppe de l'ensemble des courbes granulométriques (fig. 4). L'existence d'une troisième fraction, inférieure à 100 μ , est communément suggérée par un changement de pente des courbes cumulatives, à partir de 125 μ . Les deux premières fractions correspondent selon toute vraisemblance à deux modes de transport différents, ainsi que nous le montrerons dans la suite de l'exposé. Elles correspondent en outre à deux stocks sédimentaires de nature différente. La fraction supérieure à 315 μ est constituée principalement des restes d'organismes (Lamelli-

branches, Bryozoaires, Balanes, Gastéropodes) dont une importante proportion est étrangère à la biocoenose des sables fins et ne vit que dans les fonds grossiers hétérogènes ou sur la roche en place. Ceci implique qu'après leur mort ils sont transportés et qu'ils alimentent de leurs débris les accumulations sableuses. La fraction fine (90 % en moyenne du sédiment) est constituée de trois types de particules :

— Particules d'origine organique indéterminables à la loupe binoculaire qui constituent 50 à 60 % de cette fraction ;

— Particules minérales (quartz principalement) qui constituent 20 % en moyenne ;

— Débris de Bryozoaires qui constituent 15 % en moyenne.

Les grains de quartz peu usés sont quelquefois recouverts d'une patine jaunâtre ; ils peuvent provenir de plusieurs sources : falaises limoneuses et estrans littoraux ou formations quaternaires et paléozoïques actuellement immergées. Les débris de Bryozoaires sont susceptibles d'avoir été transportés depuis les fonds grossiers et hétérogènes ou rocheux situés à la périphérie. Nous n'avons pas étudié en détail la minéralogie de la fraction silteuse (< 100 μ) qui ne représente que 1 à 2 %. La teneur en carbonate de cette fraction mesurée au calcimètre Bernard sur trois échantillons a fourni des teneurs comprises entre 30 et 50 %.

IV. ÉTUDE DYNAMIQUE

1. Mesures de courant et méthode de dépouillement (fig. 1 et 5).

Les études de courant dans le secteur de la Pierre Noire ont fait l'objet de mesures en huit points d'une durée comprise entre une et trois semaines. Les enregistrements incluent au minimum une morte-eau et une vive-eau. Les coefficients extrêmes enregistrés ont été de 31 et 114 (printemps, automne 1970). Si les enregistrements ont donné les caractéristiques du courant toutes les six minutes, les calculs ont été effectués sur une période de 30 minutes. Ils ont permis de tracer avec précision et sécurité les roses de courant aux coefficients 45 et 95 (fig. 5).

Ces roses de courant sont la « moyenne » des observations se situant soit en vive-eau, soit en morte-eau. Pour calculer ces « moyennes » il a été nécessaire d'adopter une hypothèse permettant de déduire les valeurs V_{45} et V_{95} du courant, à partir de valeurs mesurées à des coefficients quelconques. Nous avons en effet admis que pour une heure marée i , à laquelle correspond l'intensité V_i du courant, on peut faire correspondre une fonction V_i de C entre cette intensité et la valeur du coefficient de marée :

$$V_i = aC^b$$

a et b étant deux coefficients caractéristiques de chaque point géographique, déterminables empiriquement. Cette loi est une bonne approximation des conditions réelles. Elle permet de rapporter toutes les mesures aux coefficients 45 et 95. Les poids des mesures sont alors considérés comme équivalents quel que soit le coefficient pendant lequel elles ont été effectuées. Ceci permet de présenter les résultats sous forme de roses de courants en vive-eau et en morte-eau. C'est en ce sens que nous avons parlé de « moyenne ». Il nous a été possible d'utiliser la fonction précédemment citée parce que nous avons considéré le coefficient de marée comme une fonction continue de la hauteur de marée au moyen de l'analyse harmonique [HATT, 1898 ; J. L. DOUVILLE, en préparation]. Cette fonction a l'avantage d'être représentée par une droite sur tout graphique à échelle log-log. A titre indicatif, nous avons trouvé en baie de Morlaix des valeurs de b variant entre 0,6 et 7, la plupart des valeurs étant comprises entre 0,6 et 2,5.

Huit points (U, V, X, Y, W, Z, 7 028, 7 029) ont fait l'objet de mesures dans et autour de la zone étudiée. Seul le point 7 029 n'a pu donner de résultats qu'en vive-eau ; les sept autres points sont caractérisés par leurs roses de courant en vive-eau et en morte-eau.

DYNAMIQUE DES SABLES DE LA PIERRE NOIRE

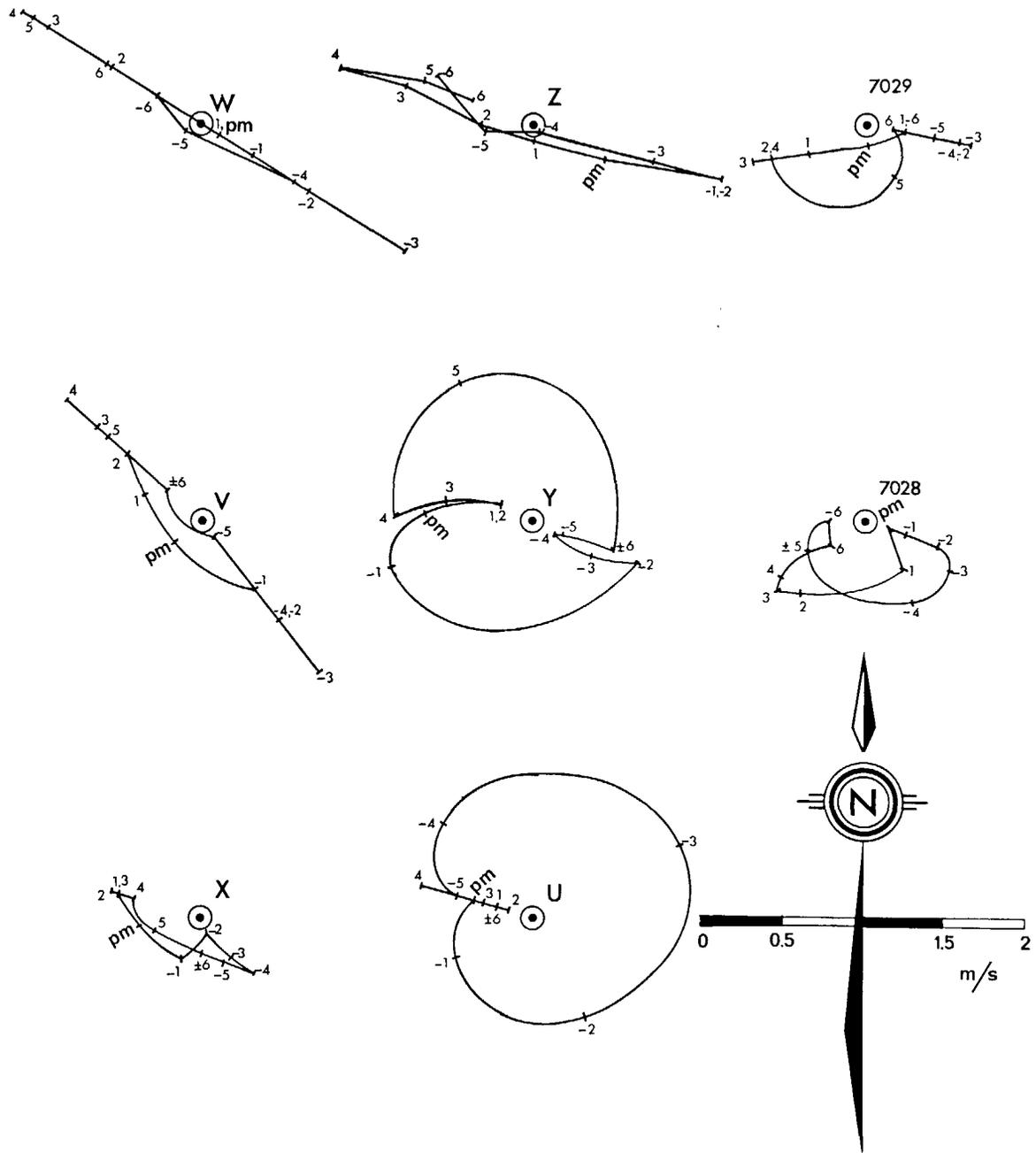


Fig. 5. — Roses des courants de fond aux différents points de mesure pour le coefficient 95.

2. Plan de vagues (fig. 6).

La baie de Morlaix est exposée aux houles du secteur nord. En l'absence de tout matériel de mesure adapté, nous avons établi deux plans de vagues de la zone pour tenter une approche théorique de ce problème. Les conditions adoptées sont les suivantes : vent d'W.NW ($\lambda_0 = 100$ m, $T_0 = 12$ s, $2a_0 = 6$ m)* ; vent d'E.NE ($\lambda_0 = 60$ m, $T_0 = 6,2$ s, $2a_0 = 2$ m). Nous avons utilisé la méthode « de la formule finie de propagation » [H. LACOMBE, 1963]. La figure 7 représente les lignes d'égalité vitesse maximale au voisinage

du fond dues à la houle pour les deux cas ci-dessus. Les résultats obtenus ne doivent être considérés que comme des multiples des vitesses réelles, le coefficient multiplicatif étant *a priori* constant dans l'ensemble de la zone étudiée et dans les deux cas étudiés.

En toute rigueur les résultats devraient être « calés » par une vérification expérimentale mais il apparaît d'ores et déjà que deux zones de haute énergie peuvent être distinguées, la première par vent de N.NE, centrée sur le Nord de l'île Callot au Sud-Est de la zone étudiée, la seconde par vent de N.NW, dans la zone de la pointe de Primel au Nord-Est.

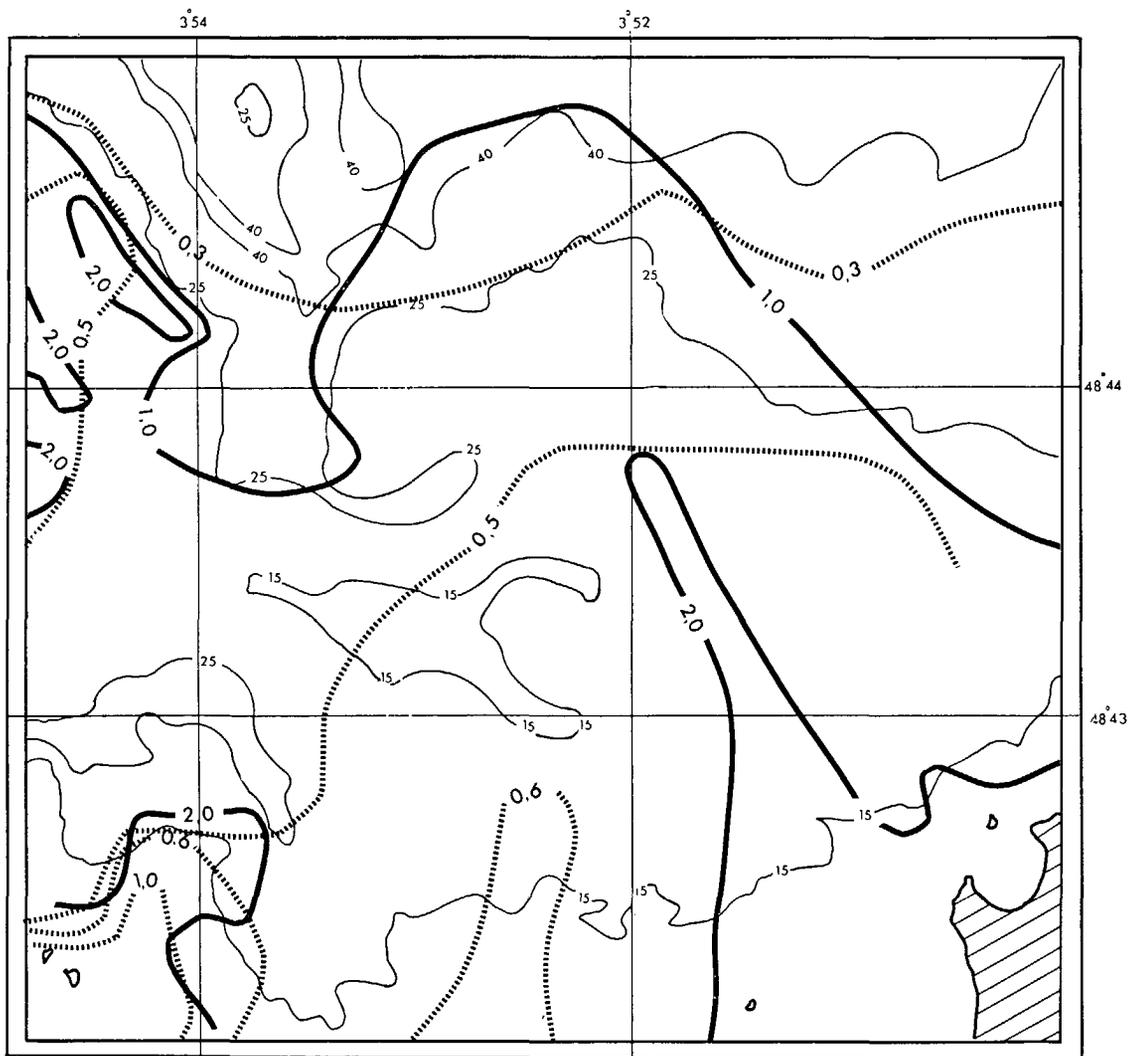


Fig. 6. — Lignes d'égalité agitation (en m/s) sur le fond dues à la houle par temps de W.NW : $\lambda_0 = 100$ m, $T_0 = 12$ s (traits pleins) et temps d'E.NE : $\lambda_0 = 60$ m, $T_0 = 6,2$ s (pointillés).

* (λ_0 : longueur d'onde, T_0 période, a_0 : amplitude).

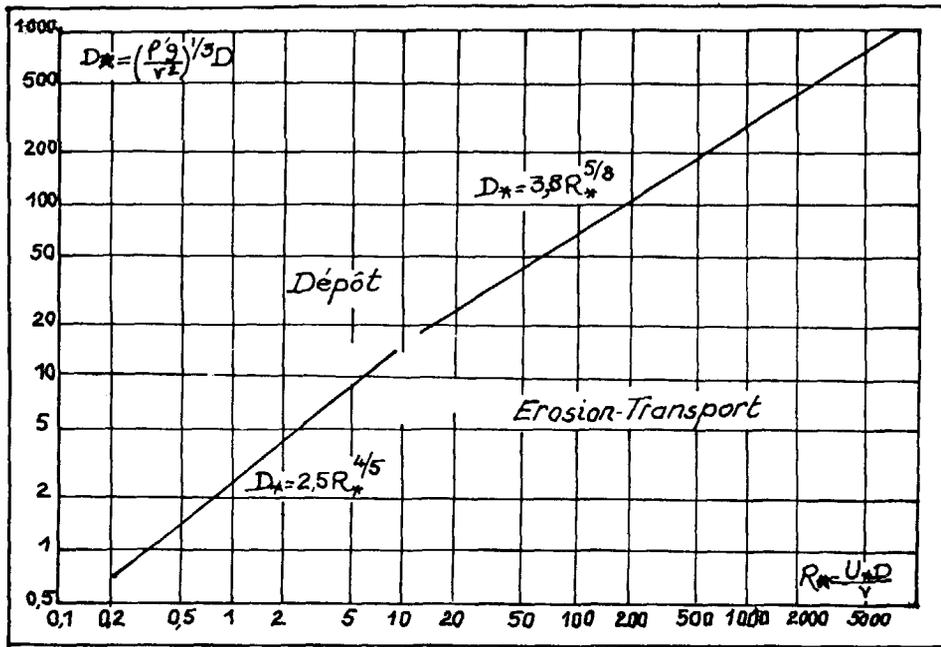


Fig. 7. — Abaque de Bonnefille.

3. Conditions hydrodynamiques au voisinage du fond.

R. W. STERNBERG [1971], à la suite de nombreuses mesures en milieu marin (de profondeur comprise entre 8 et 42 m), a proposé une relation « moyenne » entre la vitesse de frottement U_* et U_{100} , vitesse du courant 1 m au-dessus du fond.

$$(1) \quad \bar{U}_*^2 = 3,1 \times 10^{-3} \times \bar{U}_{100}^2$$

Cette relation est utile quand on ne dispose pas dans notre cas, que d'une seule mesure de courant et où il est donc théoriquement impossible de calculer U_* .

Nous avons donc utilisé cette relation pour calculer \bar{U}_* , les valeurs que nous avons obtenues étant sous-estimées puis nous avons introduit dans le calcul la valeur de \bar{U}_{75} obtenue expérimentalement, qui doit être légèrement inférieure à \bar{U}_{100} .

Par ailleurs, dans un essai de synthèse des lois de début d'entraînement des sédiments, R. BONNEFILLE [1967] introduit les valeurs suivantes :

$$R_* = \frac{U_* D}{\nu}$$

(D : diamètre de la médiane des matériaux ; ν : viscosité cinématique).
c'est-à-dire le nombre de Reynolds étoilé caractéristique de l'écoulement.

et
$$D_* = \frac{(\rho'g)^{1/3} D}{(\nu^2)}$$

(où ρ' est la masse volumique relative du matériau sous l'eau).

$$\rho' = \frac{\rho M - \rho}{\rho}$$

(ρM : densité du matériau ; ρ : densité de l'eau de mer).

Il dénomme D_* « diamètre sédimentologique » du matériau bien qu'il soit sans dimension parce que, pour un matériau et un fluide donnés, D_* est proportionnel à la dimension des particules solides. Nous avons à 15 °C pour le quartz :

$$\nu = 0,00114 \text{ et } D_* \approx 230 D \text{ (cm).}$$

Groupant les résultats antérieurs de divers hydrauliciens avec ses propres résultats, R. BONNEFILLE propose les relations suivantes (fig. 7) :

(2) pour $0,1 < R_* < 10$ $D_* = 2,5 \times R_*^{4/5}$

(3) $R_* > 10$ $D_* = 3,8 \times R_*^{5/8}$

Nous avons calculé à partir des médianes relevées sur les courbes granulométriques le diamètre sédimentologique et déduit de l'abaque de R. BONNEFILLE la vitesse critique de frottement caractéristique des stations de mesure de courant (tableau I). En appliquant la formule de R. STERNBERG nous en avons déduit la vitesse critique V_c , 100 cm au-dessus du fond. Sa valeur est de l'ordre de 20 cm/s dans l'ensemble de la zone sauf au point U où elle est légèrement supérieure. Pour les points Z, W, 7 028 et 7 029 où nous n'avons pas d'indications sur la granulométrie du sédiment,

TABLEAU I

Vitesse critique d'érosion d'après les relations de R. BONNEFILLE (2) (3) et de R. W. STERNBERG (1).

Station	Médiane $cm \times 10^{-4}$	D^* cm	R^*	v/D	U_c^* cm/s	V_c cm/s
U	800	17	11,1	0,4	1,5	27
V	190	4,2	1,9	0,6	1,1	20
X	150	3,3	1,4	0,8	1,1	20
Y	155	3,4	1,4	0,8	1,1	20

nous avons supposé une vitesse critique de 20 cm/s. L'intégrale de la courbe $V_{(t)}$ par rapport à t , $V_{(t)}$ étant borné inférieurement par V_c , représente la distance qui serait parcourue par une molécule d'eau restant soumise dans le temps et l'espace aux conditions de la rose des courants du point en question.

Le tableau II récapitule l'ordre de grandeur de ces déplacements virtuels aux différents points, selon les coefficients 45 et 95, le temps d'un flot, d'un jusant, ou d'un cycle flot-jusant. Les directions principales correspondant à un déplacement virtuel qui constitue une proportion importante du déplacement total sont

signalées avec l'ordre de grandeur du déplacement correspondant. De plus figurent dans ce tableau le déplacement virtuel et la direction de la somme géométrique des deux vecteurs qui représente la résultante d'un cycle flot-jusant. L'ordre de grandeur de cette résultante par rapport aux composantes dont elle est la somme est souvent faible et de ce fait ces indications doivent être considérées avec prudence. Néanmoins cinq stations entourant le banc de la Pierre Noire (U, X, 7 028, Y, V) sont caractérisées par une résultante dirigée vers l'Ouest (fig. 1). Au Nord-Est du banc (point 7 029) en vive-eau, une nette dominance sud est observable.

4. Implications sédimentologiques.

Le mouvement virtuel de la molécule d'eau considéré dans le paragraphe précédent peut servir de point de départ à l'étude de la seule direction des déplacements sédimentaires. Les amplitudes de ces déplacements sont en effet fonction du mode de transport (charriage, saltation ou suspension) des différentes fractions granulométriques et ne sauraient être assimilées à celles de la molécule d'eau. De plus, nous n'avons pas tenu compte jusqu'ici des turbulences engendrées par la houle. Son action alternative de courte période et de faible amplitude est susceptible

TABLEAU II

Déplacements virtuels en flot et en jusant.
Composantes directionnelles principales et résultantes pour les coefficients 95 et 45.

Poste	Vive-eau coefficient 95					Morte-eau coefficient 45				
	Flot	Jusant	Flot-jusant	Composantes principales	Résultantes	Flot	Jusant	Flot-jusant	Composantes principales	Résultantes
U	km 8,9	km 1,9	km 10,8	2,5 km/285°	2,5 km/285°	1,1	1,1	2,3	1,2 km/285°	1,2 km/285°
V	9,4	11,1	20,5	10,2 km/314° 9,6 km/142°	1,5 km/250°	1,4	3,4	4,8	3,4 km/316° 1,4 km/124°	2 km/325°
X	2	6,3	8,5	1,5 km/145° 5,6 km/280°	4,7 km/270°	0,6	4,1	4,6	0,6 km/100° 3,9 km/280°	3,3 km/280°
Y	6,7	7,4	14,1	2,8 km/120° 4,6 km/280°	2,2 km/255°	1	0,7	1,7	0,4 km/300°	0,4 km/300°
W	9,6	14	23,6	9,6 km/123° 14 km/300°	4,4 km/295°	4,5	2	6,4	2 km/320° 4,5 km/65°	4,5 km/40°
Z	10,9	10	20,9	10,9 km/110° 10 km/290°	0,9 km/110°	1,9	3,3	5,2	3,3 km/290° 1,9 km/110°	1,4 km/290°
7028	6	7,3	13,3	4,9 km/230° 3,3 km/120°	4,9 km/190°	0,2	2	2,2	2 km/240°	2 km/240°
7029	67	6,1	12,8	6,4 km/110° 5,8 km/250°	4,2 km/170°					

DYNAMIQUE DES SABLES DE LA PIERRE NOIRE

d'assurer la mise en suspension temporaire et donc le transport sous forme de « saltation » de particules qui sans cet excédent d'énergie resteraient en dessous du seuil de mise en mouvement ou seraient transportées uniquement par charriage. Les périodes de fortes houles doivent donc être caractérisées par des transports sédimentaires notablement plus importants.

Ces réserves posées, le transit sédimentaire semble donc s'effectuer d'Est en Ouest au voisinage de la dune de la Pierre Noire, tandis qu'au Nord-Est il s'effectuerait du Nord vers le Sud. Ce transit pourrait avoir contribué au colmatage de la paléo-vallée au Nord de la fosse de la Vieille. La disposition longitudinale du banc sableux est en accord avec cette hypothèse. La présence de deux fractions granulométriques

distinctes, caractérisées chacune par une pétrographie sédimentaire différente, a été signalée plus haut. Leur permanence dans l'ensemble des échantillons de sable dunaire aussi bien que l'homogénéité locale des distributions granulométriques, nous avaient *a priori* suggéré un triage hydrodynamique et l'existence de deux modes de transport sédimentaire différents. La concentration de l'énergie de la houle au Nord-Ouest de la pointe de Primel favorise vraisemblablement la mise en mouvement des particules et leur acheminement vers le Sud-Ouest. En outre, la distribution de la fraction grossière des sédiments (fig. 8) semble contrôlée par la zone de haute énergie centrée par vent de Nord-Est sur la pointe nord de l'île Callot. Il semble donc que cette zone tout comme celle située au large de Primel soit

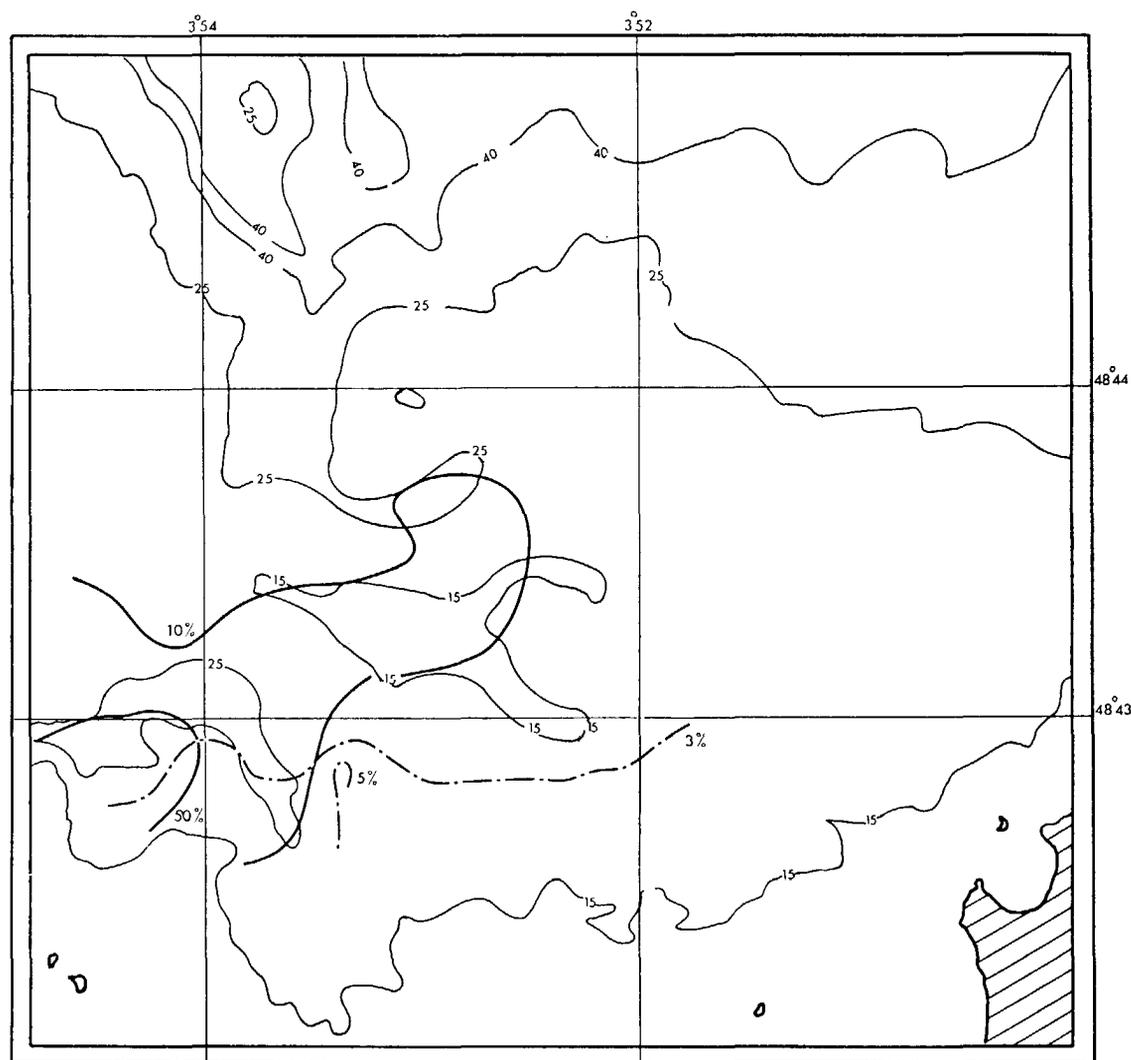


Fig. 8. — Pourcentages en fraction grossière supérieure à 315 μ (courbes de 10 à 50 %) et en fraction silteuse inférieure à 100 μ (courbes de 3 et 5 %).

une zone de vannage où les particules plus petites que 315 μ sont mises préférentiellement en mouvement. Lors des coups de vent de Nord-Est, ces particules (Bryozoaires, quartz et débris organiques divers) pourraient donc être transportées par les courants de marée sous forme d'une espèce de saltation. Les particules transportées vers le Sud-Ouest depuis la pointe de Primel s'accumulent dans la zone d'énergie minimale de la dune de la Pierre Noire où cette fraction granulométrique constitue en fait 90 % du sédiment. Elle ne peut par contre s'accumuler dans la fosse de la Vieille car l'agitation y est trop importante. La fraction grossière du sédiment (supérieure à 315 μ) pourrait quant à elle être transportée préférentiellement en masse par

charriage, lors des maximums de courant (vitesse supérieure à 30 cm/s, 75 cm au-dessus du fond. Les plus fortes teneurs en fraction silteuse (inférieures à 100 μ) sont observées à la limite sud des sables de la Pierre Noire, dans une zone se trouvant sous l'influence des eaux turbides de la zone « estuarienne » de la baie de Morlaix. G. LEFEVRE-LEHOERFF [1972] a étudié les particules transportées en suspension en surface. Les teneurs observées atteignent 9,7 mg/l en avril 1967 à la Pierre Noire, dont 4,28 mg entre 60 et 4 μ et 5,36 mg entre 14 et 0,8 μ . La distinction et l'interprétation des trois fractions granulométriques ainsi effectuées sont en bon accord avec les observations de G. S. VISHER [1969].

CONCLUSION

Nous avons exposé dans cet article les résultats préliminaires de nos études dans une zone littorale, intermédiaire entre un faciès d'« estuaire » de caractère particulier (zone interne de la baie de Morlaix) et une plate-forme de mer épicontinentale à marées. Nous avons montré que l'accumulation sédimentaire était constituée de trois stocks granulométriques, caracté-

sés chacun par une composition minéralogique particulière. Les mesures de courant effectuées et l'étude théorique de l'énergie des houles de Nord-Ouest et de Nord-Est ont permis d'esquisser un modèle pour le transport des sédiments qui est en bon accord avec la morphologie de l'accumulation et les caractéristiques granulométriques et pétrographiques des matériaux.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Monsieur le professeur BERTHOIS et M. L. CABIOCH, sous-directeur de la Station biologique de Roscoff, qui ont lu et critiqué cette note avant sa

publication ainsi que le personnel de la station biologique et particulièrement les équipages du Pluteus et de la Mysis dont la collaboration a permis sa réalisation.

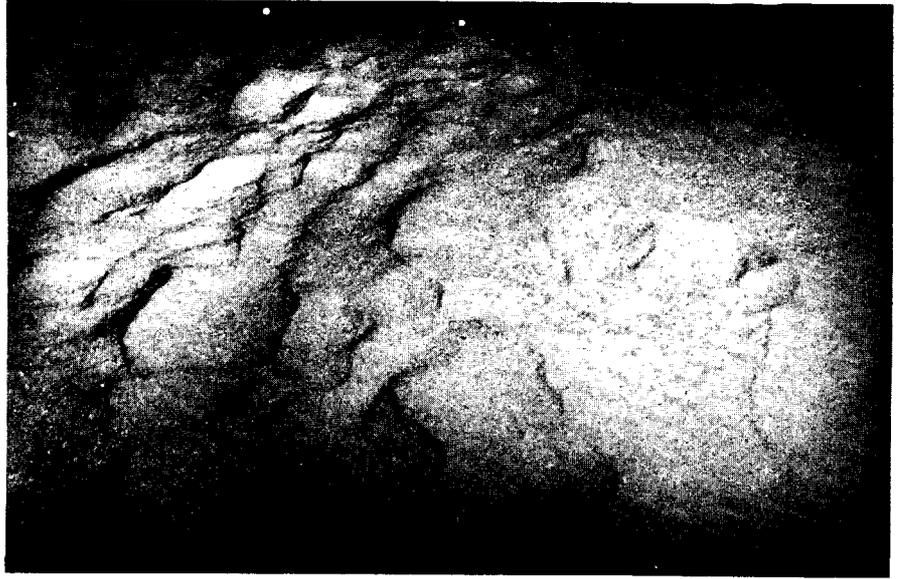
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUFFRET G. A., BERTHOIS L., CABIOCH L., DOUVILLE J. L. (1972). — Contribution à l'étude et à la cartographie des fonds sédimentaires au large de Roscoff. Actes du Colloque sur la Manche, janvier 1971, Paris. *Mém. Bur. Rech. géol. minières, Fr.*, 79, pp. 293-302.
- AUFFRET G. A., CABIOCH L., BERTHOIS L., DOUVILLE J. L. (1971). — Aperçu sur la bathymétrie et la sédimentologie au large de Roscoff, d'après la carte bathymétrique à 1/40 000 et les photographies sous-marines. *Cah. Biol. Mar., Fr.*, 12, pp. 197-504.
- BOILLOT G. (1964). — Géologie de la Manche occidentale. *Ann. Inst. océanogr., Fr.*, XLII(1), 220 p.
- BONNEFILLE R. (1963). — Etude de synthèse des lois de début d'entraînement des sédiments sous l'action d'un courant en régime continu. *Bull. Direction Et. Rech. E.D.F.*, n° 5, p. 67.
- CABIOCH L. (1968). — Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cah. Biol. Mar., Fr.*, 9 (5), pp. 493-720.
- HATT (1898). — Expression des coefficients de la marée au moyen d'une somme de termes périodiques. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, n° 16, pp. 1111-1116.
- LACOMBE H. (1953). — Méthode de tracé direct des orthogonales de houle à partir de la formule finie de propagation. *Bull. C.O.E.C.*, février 1953.
- LACOMBE H. (1965). — Cours d'océanographie physique. Gauthier-Villars, 392 p.
- LEFEVRE-LEHOERFF G. (1972). — Populations planctoniques d'un estuaire à marée : la rivière de Morlaix. Leurs relations avec les conditions hydrologiques. *Fac. Sciences Brest*, 212 p.
- STERNBERG R. W. (1968). — Friction factors in tidal channels with differing bed roughness. *Mar. Geol., Netherl.*, 6, pp. 243-260.
- VISHER G. S. (1969). — Grain size distributions and depositional processes. *J. Sediment. Petrol., U. S. A.*, 39, n° 3, pp. 1074-1106.

DYNAMIQUE DES SABLES DE LA PIERRE NOIRE

1. — (Station biologique de Roscoff).

Point Y. Fond de sable fin (mode 150 μ) accidenté de rides asymétriques (sous-faciès à *Abra prismatica* et *Glycymeris glycymeris*) (longueur d'onde 30 à 50 cm, amplitude : 5 à 10 cm ?).



2. — (Station biologique de Roscoff).

Point 7 029. Fond de sable grossier (limite du faciès à *Venus fasciata* et du sous-faciès à *Abra prismatica* et *Glycymeris glycymeris*). On remarque la présence de nombreuses coquilles de Pétoncles (*Glycymeris glycymeris*). A l'arrière-plan un nuage de particules en suspension est mis en évidence par la diffusion de la lumière.

