

ÉTUDES ÉCOLOGIQUES SUR LES SABLES INTERCOTIDAUX

II - Distribution des granulométries sur les plages bretonnes exposées au large.

par

Marcel Prenant

Laboratoire d'Anatomie et Histologie Comparées de la Faculté des Sciences de Paris
et Station Biologique de Roscoff.

Résumé

Appliquant la méthode de représentation granulométrique en nombre de grains, l'auteur montre que les plages bretonnes étudiées se répartissent en deux catégories suivant le régime des courants de marée avoisinants. Dans les régions à courants de marée giratoires et de vitesses maximales inférieures à 1,5 nœud (côte atlantique de Quiberon à la pointe Saint-Mathieu) les granulométries sont très fines, l'abscisse critique (voisine du maximum des courbes pondérales) étant comprise entre 80 et 125 μ . Dans les régions à courants de marée alternatifs et parallèles à la côte, dont les vitesses maximales dépassent 2 nœuds (Chenal du Four et Côte de la Manche), les granulométries, en général moins fines, se distribuent avec une certaine régularité périodique. On a suivi trois de ces systèmes réguliers, dans chacun desquels l'abscisse critique varie d'ouest en est de 300 à 80 μ : de Brignogan à la baie de Plouescat, de Kerfissien à celle de Santec, de l'île de Batz à la baie de Lannion. Chacune de ces trois baies, où la sédimentation est aussi fine que sur les plages atlantiques bretonnes, correspond à une anomalie des courants de marée, qui y sont plus ou moins giratoires et de plus faible vitesse. Chacune est suivie au nord-est d'un saillant rocheux qui sépare les deux systèmes consécutifs et où les granulométries des rares sédiments sableux sont grossières et irrégulièrement distribuées. Mis à part ces saillants et ces baies particulières, la sériation des granulométries semble largement indépendante de la topographie de la côte et de la nature des roches encaissantes, et paraît exprimer en premier lieu le régime des courants du large, l'influence des vagues et des vents dominants n'intervenant que secondairement et celle de la côte s'exprimant surtout par des nuances locales. Une interprétation de ces faits est proposée pour les côtes bretonnes étudiées, et brièvement discutée (1).

I - INTRODUCTION

J'ai proposé précédemment (1958 et 1960) une figuration nouvelle des résultats fournis par l'analyse granulométrique des sables. On calcule, à partir des pourcentages pondéraux, les logarithmes des

(1) Je dois exprimer ma reconnaissance à la Direction et au personnel de la Station Biologique de Roscoff, dont l'aide m'a permis de recueillir la plus grande part des matériaux utilisés. M. Robert Manaranche et M^{me} M. Maury m'ont rendu d'immenses services en ce qui concerne les tamisages, les pesées, les calculs et le tracé des courbes. MM. Lamotte, Claude Lévi et A. Veillet m'ont fourni plusieurs échantillons intéressants. Que tous soient très cordialement remerciés.

nombres de grains retenus par chaque tamis et on les prend pour ordonnées d'une courbe dont les abscisses sont les logarithmes des diamètres de grains. J'ai discuté la valeur de cette représentation et je l'ai appliquée à un exemple local : celui de trois anses abritées dans la baie de Quiberon.

Le présent mémoire envisage les faits à une autre échelle géographique : celle de la distribution des granulométries sur des portions étendues de la zone des marées bretonne (fig. 1), comprises entre la

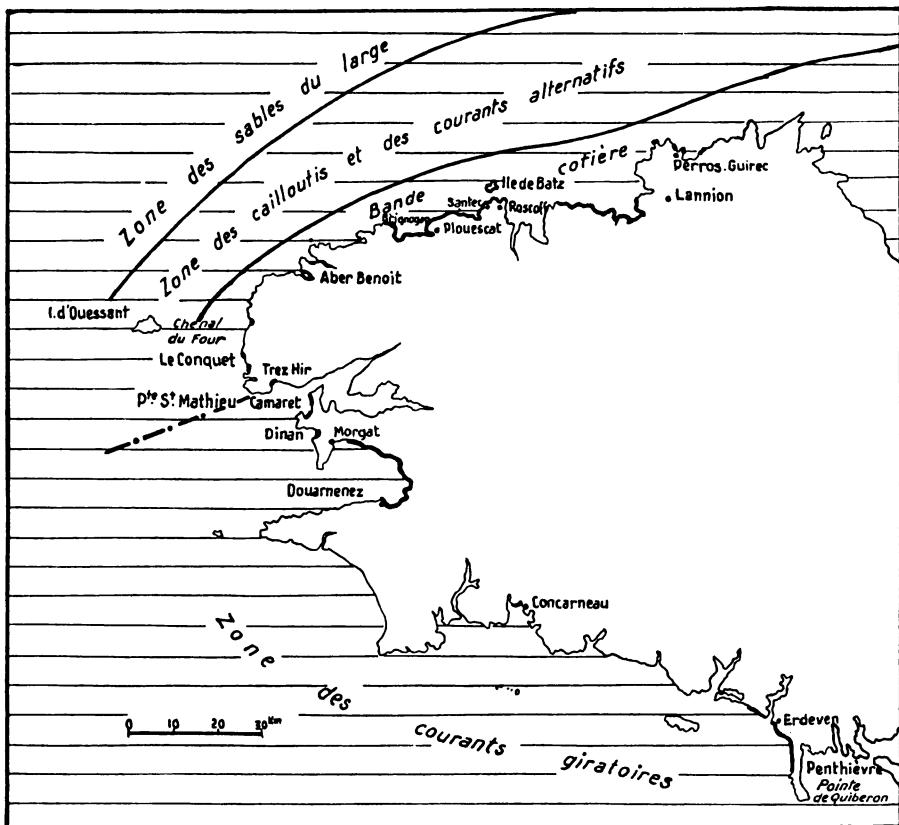


FIG. 1. — Croquis d'ensemble des plages bretonnes étudiées (indiquées d'un trait renforcé).

La pointe Saint-Mathieu sépare : au nord les plages dont la granulométrie est influencée par les courants rapides et alternatifs du large (zone des cailloutis), et au sud celles qui ne subissent que l'influence de courants plus lents et giratoires.

pointe de Quiberon et Perros-Guirec, soit sur plus de 400 km de côtes. Des études préliminaires ayant montré que les courbes bilogarithmiques en nombre de grains (ou, plus brièvement, courbes ou graphiques « numériques ») sont mieux adaptées que les représentations graphiques pondérales à un tel travail de comparaison, c'est d'elles seules que nous nous servirons ici, ce qui ne signifie pas que les courbes classiques ne gardent ailleurs tout leur intérêt.

Les appareils et techniques utilisés sont les mêmes que dans le mémoire de 1960 (pp. 290 et 308), mais il est bon de revenir sur quelques particularités des courbes numériques.

Elles ne peuvent être que bilogarithmiques, car, pour 100 g de sable sec, les nombres de grains peuvent varier, d'un tamis à l'autre, de 0 à 10^7 environ. Or, pour de grands nombres, l'emploi d'ordonnées logarithmiques réduit la sensibilité de la méthode graphique. Cette réduction, qui pourrait nuire à d'autres buts, sera utile ici en permettant de mieux dégager les faits granulométriques dont la comparaison est essentielle à de grandes distances.

L'expression numérique de la granulométrie semble, d'autre part, spécialement adéquate à l'étude des relations avec les conditions hydrodynamiques. La composition d'un sédiment exprime en effet un certain équilibre entre dépôt et ablation. Or, mis à part les déplacements d'ensemble de masses sableuses, chaque grain déposé ou enlevé obéit à des conditions mécaniques précises et l'effet pondéral n'est que global et statistique. Une courbe granulométrique numérique fournit ainsi d'autres bases de recherche qu'une courbe pondérale, mais exige d'autres méthodes d'analyse.

Son tracé est très modifié, même par rapport à la courbe pondérale bilogarithmique de Bagnold (voir 1960, fig. 1, p. 307). Un maximum de cette dernière, qui correspond à un maximum de l'histogramme pondéral, est parfois érasé dans la courbe numérique et n'y forme plus qu'un palier. Il arrive même que son décalage en abscisses vers les éléments fins (qui résulte du calcul lui-même), atteigne un intervalle de tamis et se traduise ainsi en fait dans le graphique. J'ai noté déjà (1960) que, dans la courbe, apparaît une dissymétrie fondrière qui l'éloigne beaucoup d'une courbe gaussienne. Il est donc nécessaire de définir clairement et de commenter ses éléments caractéristiques principaux : maximum principal et pente principale ; point, abscisse et intervalle critiques ; zone de rétention porale ; région maximale.

a) Maximum principal et pente principale.

En des cas locaux particulièrement schématiques, j'ai mis en évidence (1960, p. 321 et suivantes) un premier fait : un maximum de la courbe numérique peut correspondre à une masse de grains relativement gros (1.600 à 250 μ environ) qui donnent au sédiment en place sa structure fondamentale ; les grains plus fins étant logés dans les mailles (ou espaces poraux) de cet ensemble et étant ainsi protégés, dans une certaine mesure, contre l'ablation.

Le présent mémoire étendra cette notion à des sables bien plus fins, où un maximum qui possède ces propriétés peut correspondre à divers diamètres de grains, de 250 à 60 μ . Il montrera encore que si une courbe numérique comporte plusieurs maximums, un seul d'entre eux, en général, joue le rôle qui vient d'être défini. Ce n'est pas nécessairement celui dont l'abscisse est la plus grande, ni celui dont l'ordonnée est la plus élevée. Sa détermination graphique sera précisée plus loin. Nous l'appellerons, dans tous les cas, *maximum principal*.

Si, à partir du maximum principal, on suit la courbe vers les éléments grossiers (vers la droite dans les conditions graphiques adoptées ici), la pente est négative en son ensemble et souvent régulière, sauf les variations aléatoires fréquentes vers son extrémité droite et dues au petit nombre des grains intéressés. Cette portion de courbe est même souvent rectiligne sur une certaine étendue et sa pente moyenne est facilement déterminable. Nous l'appellerons *pente principale*.

Les données numériques qui caractérisent cette portion de courbe sont les suivantes : avant tout abscisse du maximum principal ; puis valeur de la pente principale et ordonnée du maximum principal. Ces trois données sont d'ailleurs largement liées entre elles : car plus l'abscisse du maximum est grande, plus son ordonnée est faible en général et plus la pente principale est grande en valeur absolue.

Tout indique que cette portion de courbe correspond à l'ensemble des grains qui forment le réseau fondamental de structure du sédiment et dont la mise et le maintien en dépôt ne dépendent guère que des conditions hydrodynamiques.

b) Tangente, point, abscisse et intervalle critiques.

La notion de maximum principal doit être, à la fois, généralisée et précisée. Il n'est pas rare, en effet, que la pente principale soit limitée à gauche, non par un maximum, mais par un simple replat ou un brusque changement de pente, le rôle de la masse de sable correspondante restant cependant très analogue au point de vue de la stabilité du sédiment. De tels exemples ont été donnés déjà (1960, courbe 5 de la fig. 7 notamment).

Il faut rappeler ici une remarque déjà faite (1960, p. 328). Dans mes conditions graphiques, une portion de courbe rectiligne dans un certain intervalle et de pente — 3 correspond à une absence de tri granulométrique, chacun de ses points figurant la même masse de matière en un nombre de grains différent : elle équivaut à une parallèle à l'axe des abscisses dans l'histogramme pondéral ou dans la courbe de Bagnold. Si une portion de courbe a une pente négative plus forte que — 3 en valeur absolue, c'est qu'il y a accumulation pondérale à mesure que le diamètre des grains diminue. Si, au contraire, la pente est positive ou négative et plus faible que — 3 en valeur absolue, c'est que le tri différentiel se fait en sens inverse.

Quand il existe un maximum principal, la courbe admet toujours, à sa droite et généralement près de lui, une tangente de pente — 3. L'abscisse de son point de contact, qui est aussi celle du maximum des courbes de fréquence pondérale, sépare très exactement les grains pour lesquels il y a accumulation différentielle, et ceux pour lesquels l'ablation prédomine. Nous parlerons donc à ce propos de *tangente critique*, de *point* et *d'abscisse critiques*, et nous appellerons *intervalle critique* l'intervalle, compris entre deux tamis successifs, où est situé le point critique. On peut alors préciser la définition du maximum principal, jusqu'ici restée floue : c'est le maximum le plus proche du point critique, à une abscisse plus faible.

Les notions de tangente et de point critiques ont l'avantage d'être

très larges. Une courbe granulométrique numérique présente presque toujours un point critique, qui est celui où la pente principale s'atténue assez pour admettre une tangente de pente — 3. Elle n'en présente généralement qu'un, si ce n'est pour de rares courbes très peu différenciées et presque rectilignes ; il arrive pourtant aussi que le point critique soit mal déterminé, parce qu'il est compris dans une portion rectiligne plus ou moins longue, de pente — 3. Enfin la tangente critique laisse très généralement la courbe entière au-dessous d'elle, ou ne la coupe qu'en des abscisses très grandes (en raison de variations aléatoires) ou très faibles (en raison d'une surcharge vaseuse importante).

c) **Zone de rétention porale et région maximale.**

Dans la plupart des cas étudiés en 1960 (p. 322 et suivantes), le maximum principal était lié, du côté des grains fins, à un minimum très marqué, au-delà duquel les ordonnées augmentaient à nouveau pour des grains de plus en plus fins. La discussion a montré que cet ensemble de grains fins, dont la masse totale est d'ailleurs souvent faible, est abrité dans les espaces poraux que laissent les grains plus gros. Elle a donné aussi les moyens d'évaluer approximativement, d'après la courbe numérique, le degré de colmatage des espaces poraux par les grains qui y sont retenus.

Les conclusions tirées de ces exemples particulièrement clairs peuvent être généralisées dans les cas où la courbe numérique admet une tangente critique. La zone qui s'étend vers les éléments fins à partir de l'abscisse critique correspond, pour l'essentiel, au remplissage total ou partiel des espaces poraux. Le tracé dans cette zone dépend de deux conditions principales, liées de façon différente aux facteurs hydrodynamiques locaux : d'une part, la valeur de l'abscisse critique et, de l'autre, le degré et le mode de remplissage des espaces poraux.

Ces affirmations seront justifiées dans un prochain mémoire sur les sédiments du chenal de Batz. Dans un chenal qui est relativement abrité et où les sédiments ont en général une abscisse critique voisine de 315 μ , leur variété se traduit surtout par la diversité des tracés dans la zone de rétention porale, ce qui favorise l'analyse de cette zone. Pour certains sables, les courbes, à l'image de celles tracées pour les anses de la baie de Quiberon, offrent un minimum très marqué à gauche du point critique, et par conséquent un maximum principal très net (v. 1960, fig. 1) : elles correspondent à une rétention porale faible. Pour d'autres, elles sont presque rectilignes et parallèles à l'axe des abscisses à partir du point critique, ce qui révèle (1960, p. 330) un colmatage presque total des espaces poraux. Pour d'autres encore, elles pourront avoir des tracés intermédiaires et divers, ou même présenter des maximums secondaires, dont l'ordonnée dépasse parfois celle du maximum principal, tout en restant au-dessous de la tangente critique si le sable n'est pas trop vaseux.

Dans le présent mémoire qui traite de plages exposées au large, les courbes ressemblent rarement à celles du chenal de Batz. L'abscisse critique y est comprise, en général, entre 100 et 250 μ . 50 ou 60 μ semblent d'autre part être le diamètre minimum des grains qui pour-

ront se déposer nombreux en dehors de tout envasement important. La zone de rétention porale se trouve donc resserrée entre ces deux limites, et peut ne pas excéder deux ou trois intervalles de la série des tamis. C'est sur de tels cas que portait (1958) le début de ces recherches sur la granulométrie numérique et que j'avais parlé alors de « région maximale » de la courbe. On peut conserver le terme à titre descriptif, mais sans perdre de vue l'aspect dynamique du phénomène étudié, au nom duquel la notion de région maximale englobe deux éléments de signification très différente : la zone du point critique et la zone de rétention porale.

d) Dissymétrie de la courbe numérique granulométrique.

De toutes les considérations précédentes, résulte la dissymétrie fondamentale de la courbe granulométrique numérique, suggérée dès mon mémoire de 1960, et dont celui-ci et les suivants apporteront des preuves multiples. Il devient clair, en effet, que dans la mise en place et le maintien du sédiment sableux, les portions fines jouent un rôle tout autre que les portions grossières. L'abscisse critique, spécifique de chaque sable, coïncide, nous le savons, avec l'abscisse du maximum de la courbe de fréquence pondérale et avec celle du point d'inflexion de la courbe cumulative pondérale ; mais ce point d'inflexion et ce dernier maximum expriment moins clairement que le point critique (et le maximum principal qui en est souvent proche) la discontinuité dans la structure du sédiment et dans le jeu des conditions hydrodynamiques qui déterminent cette structure.

En possession de ces notions générales, on peut aborder la partie descriptive de ce travail, où seront seules envisagées, en principe, les plages ouvertes au large. Sera réservée pour plus tard l'étude de portions de côtes nettement abritées, comme la baie de Quiberon, la rade de Brest, le chenal de Batz, la baie de Morlaix. Les faits seront exposés, d'abord pour la côte atlantique, puis pour celle de la Manche.

II - QUELQUES PLAGES BRETONNES ATLANTIQUES

I) Plage de Penthievre-Erdeven.

Située sur la côte sud de Bretagne, cette plage fait face à l'ouest en s'incurvant légèrement sur 15 kilomètres de long. Dans sa partie sud, elle contribue à enracer la pointe de Quiberon jusqu'aux rochers du fort de Penthievre, après lesquels on retrouve aussitôt de petites anses, parmi lesquelles celle de Portivy. Vers le nord-ouest, au-delà de la pointe d'Erdeven, la plage se continue jusqu'à la rivière d'Etel, que ne dépassent pas mes prélèvements ; puis elle se poursuit par la grève de Gâvres. De Penthievre à Erdeven, aucune pointe rocheuse n'en interrompt la continuité dans la zone des marées.

La description de cette plage a été donnée dans un mémoire de 1932, et il suffit de rappeler que, parmi les espèces les plus caractéris-

tiques de sa macrofaune, je citais : *Owenia fusiformis* D. Ch., *Echinocardium cordatum*, Pennant, *Ophiocentrus brachiatus* Mont., *Mactra corallina* L., *Donax vittatus* Da C., *Donax trunculus* L., et un Balanoglosse. Ayant fait aussi l'étude granulométrique des sédiments en question avec les moyens techniques et graphiques de l'époque, j'ai repris cette étude récemment, sur les 22 échantillons qui me restaient encore, en utilisant les tamisages sur série A.F.NOR et les graphiques numériques. Une de ces prises avait été faite dans l'anse de Portivy ; les autres s'échelonnaient assez régulièrement de Penthievre à Erdeven, à divers niveaux, mais à des distances de 500 m environ.

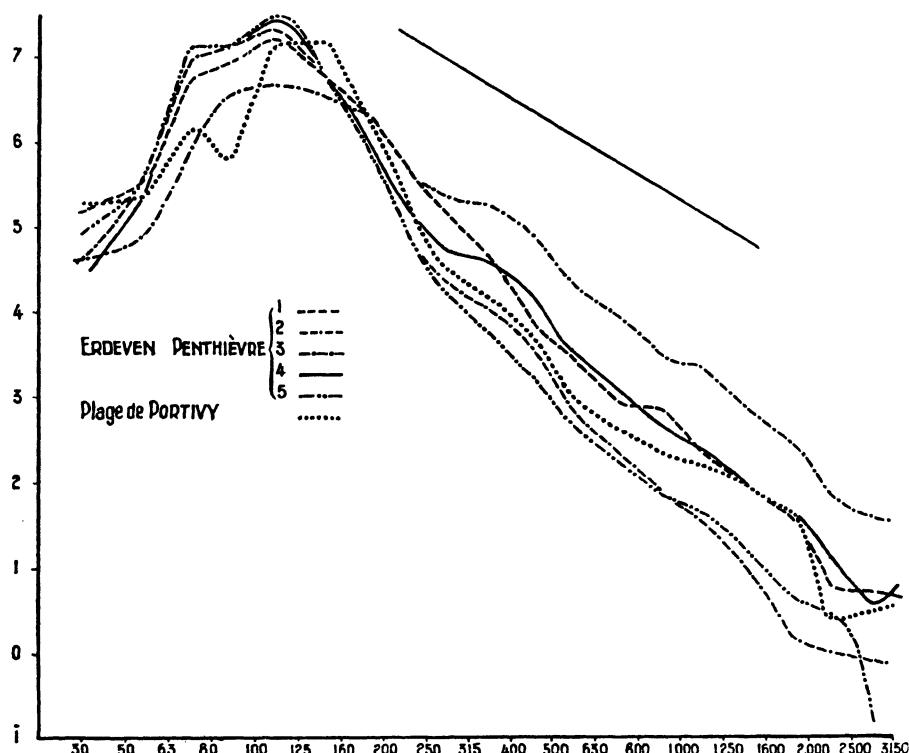


FIG. 2. — Courbes granulométriques numériques de la plage de Portivy et de 5 sables de celle de Penthievre-Eerdeven (partie sud).
La droite tracée indique la pente — 3.

A peu d'exceptions près, les courbes numériques obtenues (fig. 2, 3, 4) sont presque superposables dans une région maximale (ordonnée environ 10^7 grains pour 100 g de sable sec) s'étendant sur trois tamis (63 à 125 μ), et avec un intervalle critique 100-125 μ . Les pentes principales sont comprises entre — 6 et — 4, toujours supérieures en valeur absolue à la pente critique — 3. Entre ces courbes, il y a certes des différences secondaires mais nous ne discuterons pour le moment que les exceptions déjà signalées.

La courbe tracée à Portivy, par exemple (fig. 2), tout en gardant l'allure générale de celles de la grande plage, a une région maximale

un peu plus étalée, de 63 à 160 μ , avec un maximum très marqué pour 80-100 μ et un intervalle critique 125-160 μ , au lieu de 100-125 μ . Ce sable provenant d'un point plus battu est donc un peu plus grossier et le minimum de 80-100 μ indique que les espaces poraux dus au maximum principal ne sont pas saturés par les grains fins.

Des exceptions d'un autre ordre sont offertes par les sables n° 3, 21 et 22 de la grande plage (fig. 4). Les ordonnées maximales sont ici relativement faibles (comprises entre $10^{6.5}$ et 10^7) et les pentes principales, réduites ainsi, approchent de la valeur critique — 3 : ce qui

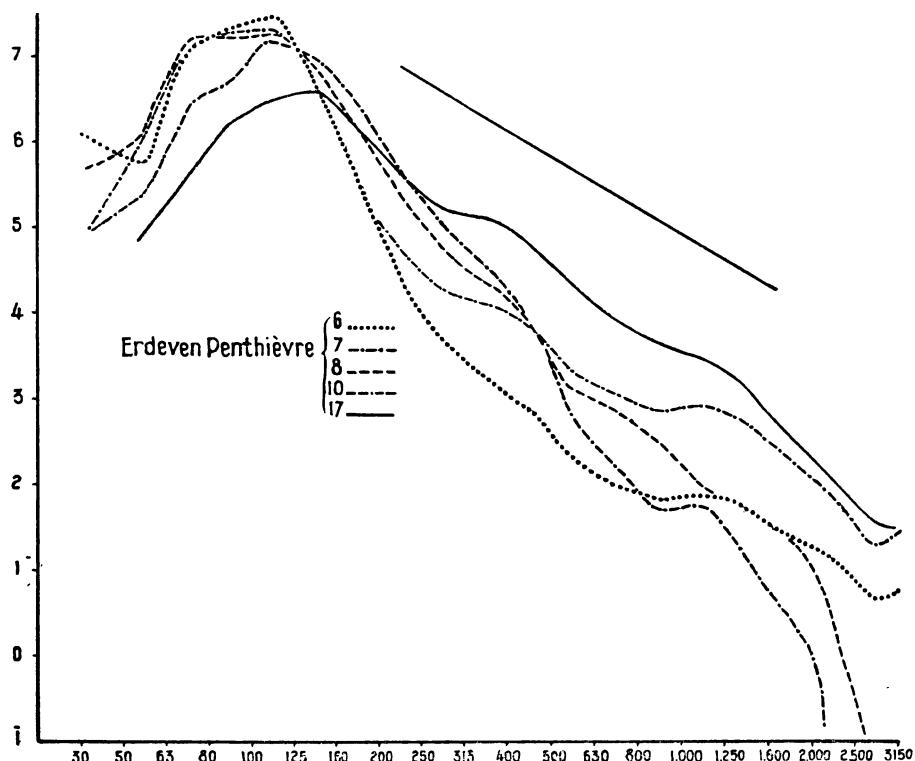


FIG. 3. — Courbes granulométriques numériques de 5 sables de la plage de Penthièvre-Erdeven (partie moyenne).

La droite tracée indique la pente — 3. La courbe 17, aberrante, est celle d'un sable lavé par le ruissellement.

n'empêche pas le maximum principal et le point critique d'être situés dans l'intervalle normal des autres courbes, 100-125 μ . Les sables en cause, qui proviennent des extrémités de la plage, comme l'indiquent leurs numéros, ont été prélevés en des points où un peu d'eau ruisselait à mer basse, provoquant de façon temporaire, mais régulière, une ablation différentielle d'éléments fins.

La courbe n° 17 a même aspect surbaissé que les trois précédentes, mais son maximum, reporté dans l'intervalle 125-160 μ , est par là un peu aberrant (fig. 4). L'échantillon a été recueilli près de la racine de la pointe de Quiberon, au débouché de la petite rivière

de l'Etang : le ruissellement temporaire à basse mer, plus intense ici, provoque une plus forte ablation différentielle des éléments fins, qui aboutit à un léger déplacement du maximum.

L'étude de cette première plage nous apprend donc, tout d'abord, que pour la plupart de ses sables, les courbes granulométriques numériques peuvent être pratiquement identiques par leur allure générale, que caractérisent avant tout les abscisses du point critique et de la région maximale. Cette dernière occupe l'intervalle de 63 à 125 μ , avec une ordonnée de l'ordre de 10⁷. Mais si les sables en question

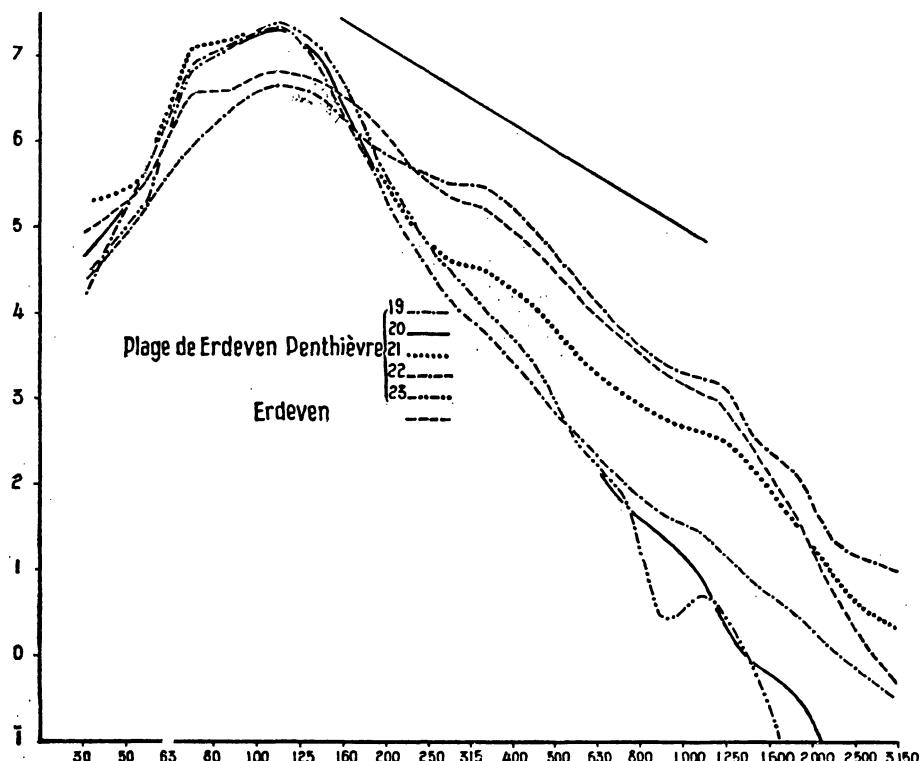


FIG. 4. — Courbes granulométriques numériques de 6 sables de la plage de Penthièvre-Erdeven, partie nord (l'un proche de la pointe d'Erdeven). La droite tracée indique la pente — 3.

sont localement soumis à un ruissellement temporaire à basse mer, il en résulte, par ablation différentielle, une réduction de l'ordonnée maximale sans que, en général, l'abscisse maximale soit modifiée.

2) Baie de Douarnenez.

La baie de Douarnenez s'ouvre assez largement face à l'ouest, entre la falaise de Beuzec et le cap de la Chèvre, à l'extrémité de la Bretagne. Elle a une forme presque circulaire, un diamètre de 15 km environ et une quinzaine de mètres de profondeur maxima, à peu

près sans îlots. De Douarnenez à Morgat, sur un arc de plus de 35 km, la côte est divisée en une série de plages séparées par des pointes rocheuses et bordées, tantôt de falaises abruptes, tantôt de dunes ou de cordons de galets, mais toutes reliées entre elles au-dessous du 0 des cartes. La baie n'offre ni dépôts vaseux, ni estuaires importants et les herbiers, peu étendus, n'y émergent pas. J'écrivais à ce sujet en 1939 :

« Sauf des exceptions rares et très localisées, les sables de la baie sont très uniformes, avec de légères nuances dans leurs propriétés et leur faune. Ce sont, en principe, des sables gris, fins et durs, riches en calcaire ».

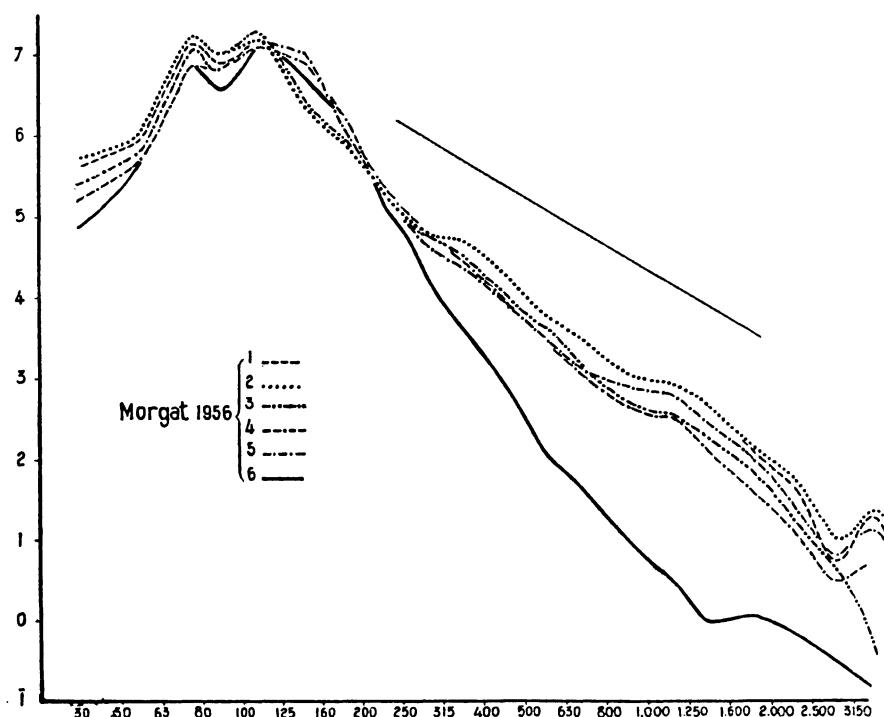


FIG. 5. — Courbes granulométriques numériques pour 6 sables prélevés sur une ligne de plus grande pente, sur la plage de Morgat (baie de Douarnenez). La droite tracée indique la pente — 3.

Montrant leur ressemblance granulométrique et faunique avec les sables de Penthievre-Erdeven, je notais cependant quelques exceptions très locales à la définition donnée ci-dessus : notamment les graviers à *Tapes decussatus* L. de l'estuaire de Douarnenez et des graviers coquilliers sur la plage des Sables Blancs à Tréboul.

Ma documentation granulométrique récente repose ici :

a) sur la reprise des échantillons subsistant de mes recherches antérieures, notamment dans l'est et le sud de la baie ;

b) sur une série de 27 sables recueillis à intervalles réguliers d'une soixantaine de mètres, d'ouest en est, à partir du môle de Morgat, à très basse mer ;

c) sur six échantillons récoltés au milieu de la plage de Morgat, à intervalles réguliers sur une ligne de pente entre le bas de l'eau et le cordon de galets, c'est-à-dire sur la basse et la haute plage, très distinctes ici ;

d) sur douze sables recueillis ça et là entre la falaise et le bas de l'eau, sur toute la moitié occidentale de la plage de Kercaniou (6 km est de Morgat).

Au total, une soixantaine d'échantillons, représentant les situations et les orientations les plus diverses dans la baie. Or, mises à part

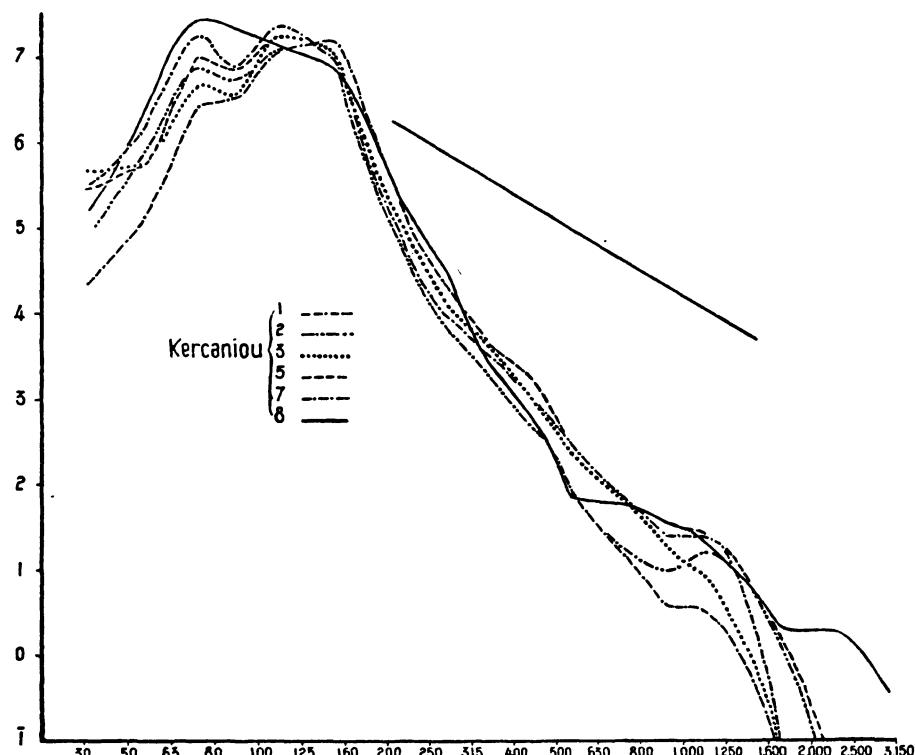


FIG. 6. — Courbes granulométriques numériques pour 6 sables de la plage de Kercaniou (baie de Douarnenez).
La droite tracée indique la pente — 3.

les exceptions locales déjà signalées, les courbes numériques se superposent aussi exactement entre elles qu'avec celles de Penthièvre-Erdeven. Il suffit donc d'en figurer quelques-unes (fig. 5, 6, 7), sans les décrire. Notons seulement qu'à Morgat et à Kercaniou (fig. 5, 6), certaines courbes ont une région maximale qui tend à s'étaler vers des éléments moins fins, reportant l'intervalle critique à $125-160 \mu$. Les sables correspondants semblent localisés à Morgat dans la haute plage qui est ici très distincte, mais sont irrégulièrement distribués à Kercaniou, à toute distance entre la falaise et le niveau des basses mers de vive eau.

Quant aux graviers des Sables Blancs (fig. 7), leur courbe numérique offre sur le tamis 1.000-1.250 μ un maximum d'ordonnée assez faible (6.000 grains au plus pour 100 g de sable sec), puis un second maximum bien plus élevé (10⁶ grains) sur le tamis très fin 63-80 μ . Entre ce dernier et l'abscisse 315 μ environ, la pente de la courbe est sensiblement — 3. Par référence à des considérations antérieures (1960, p. 329), il semble que les grains fins puissent être conservés par rétention porale. L'allure de la courbe la rapproche de celles que nous obtiendrons ailleurs quand l'eau en mouvement rencontre des obstacles (pierres, Algues, etc.) qui provoquent des remous : les graviers des Sables Blancs sont, en effet, parsemés de pierres volumineuses.

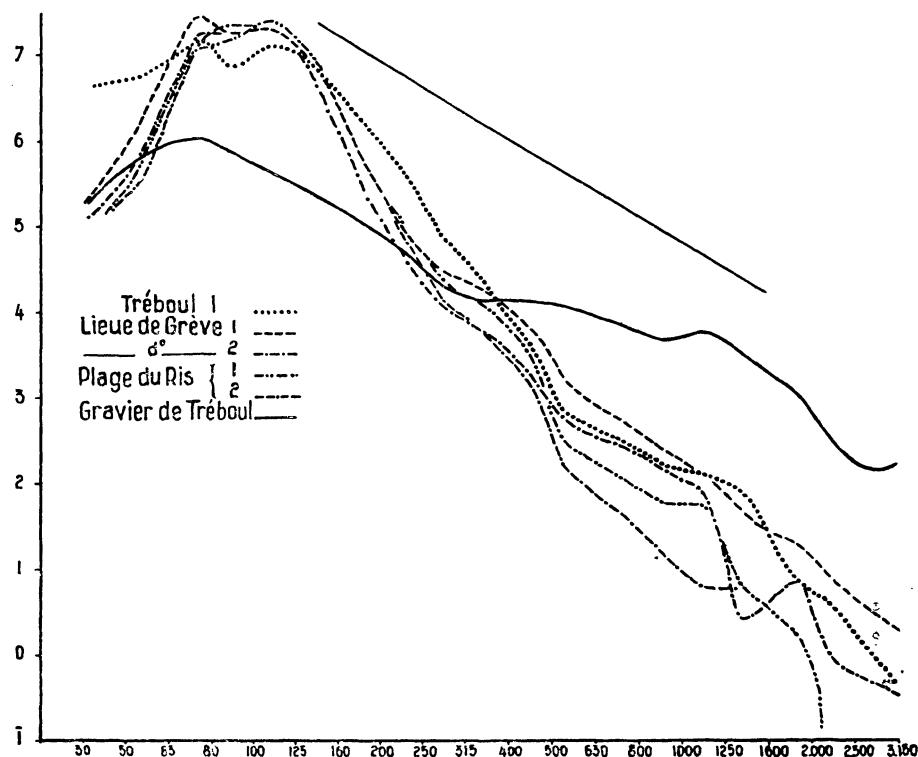


FIG. 7. — Courbes granulométriques numériques pour 6 sables de plages diverses dans la baie de Douarnenez.
La droite tracée indique la pente — 3.

L'étude de la baie de Douarnenez permet de conclure ceci :

1° Sur une côte deux fois plus longue qu'à Penthievre-Erdeven, offrant des orientations très diverses et découpée en une série de plages bien individualisées, les courbes numériques se ressemblent tout autant par leur allure et par la valeur de leurs éléments caractéristiques ; de plus leur faisceau est superposable à celui de Penthievre-Erdeven ;

2° Il semble bien, à Morgat, que dans la haute plage il y ait une

tendance à un léger étalement de la région maximale vers la droite, jusque dans l'intervalle 125-160 μ ; cette particularité, qui s'observe à Kercaniou pour certains sables épars de la basse plage, n'a pas été observée dans l'est et le sud de la baie;

3° Si les mouvements de l'eau sont localement générés par des pierres éparses (cas des Sables Blanches), il peut se déposer des sables graveleux, dans les espaces poraux desquels sont retenus des grains très fins avec maximum numérique dans l'intervalle 63-80 μ .

3) Données sur quelques autres plages atlantiques (fig. 8, 9).

Nous disposons de données moins étendues, mais cohérentes entre elles et avec les précédentes, sur les plages atlantiques suivantes :

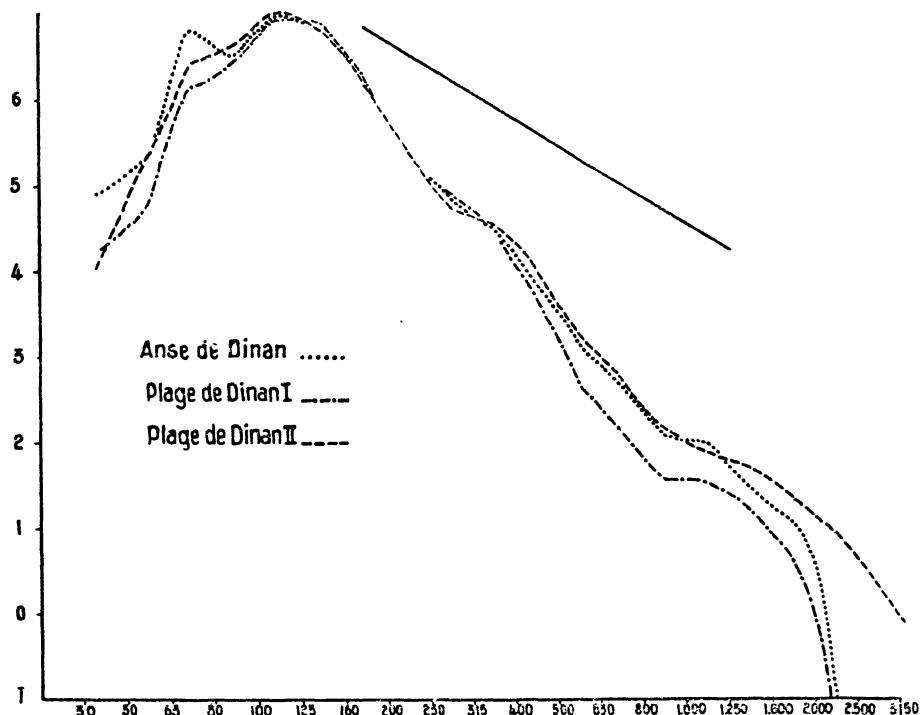


FIG. 8. — Courbes granulométriques numériques pour 3 sables de la région de l'anse de Dinan.

La droite tracée indique la pente — 3.

a) La baie de la Forest, située près de Concarneau, sur la côte sud de Bretagne, 65 km à l'ouest d'Erdeven, est largement ouverte au sud. Les courbes numériques correspondantes (fig. 9) sont voisines du type précédent, avec une prépondérance des éléments très fins. Dans la figure 9, par exemple, on voit un maximum tout particulièrement marqué dans l'intervalle 63-80 μ , et un replat qui s'étend de là jusqu'à l'intervalle critique 100-125 μ ;

b) L'anse de Dinan s'ouvre sur deux kilomètres, face à l'ouest, un peu au nord de la baie de Douarnenez, dont la sépare entièrement le cap de la Chèvre. Trois sables y ont été prélevés. Leurs courbes numériques (fig. 8) sont entièrement comprises dans le faisceau des courbes normales de Penthievre-Erdeven et de Douarnenez. Toutes trois ont un maximum (de l'ordre de 10⁷ grains), dans l'intervalle 100-125 μ , avec tendance à l'extension vers 160 μ . L'une d'elles offre, en outre, un maximum secondaire sur 63-80 μ ;

c) L'anse de Camaret, située un peu plus au nord dans la même

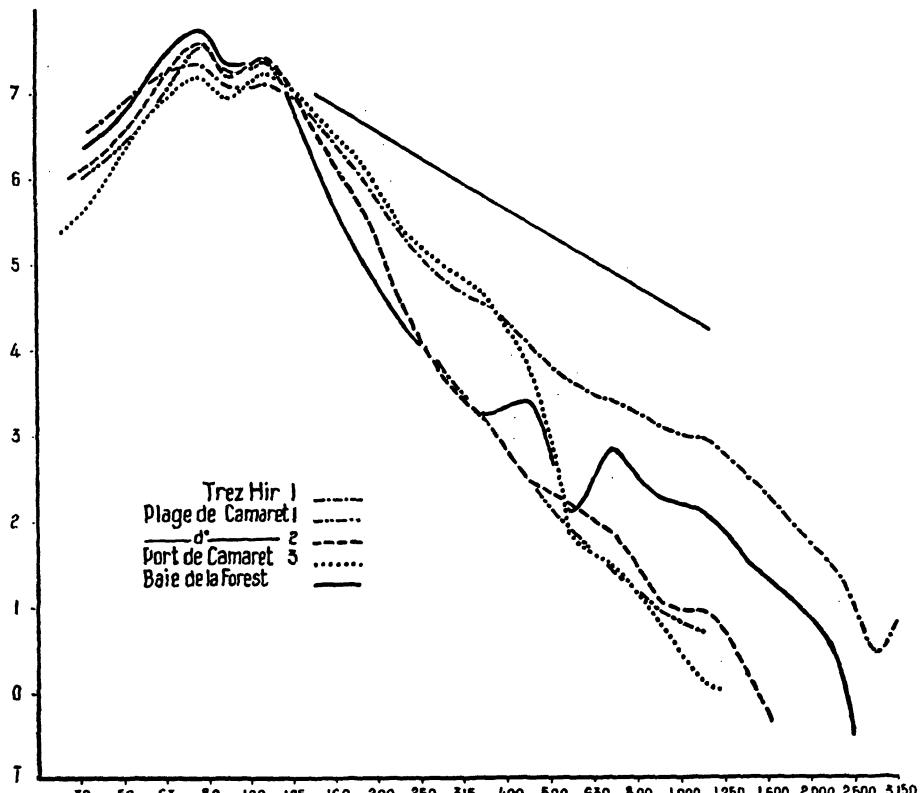


FIG. 9. — Courbes granulométriques numériques pour 5 sables de diverses plages atlantiques (baie de la Forest, Camaret, Trez-Hir).
La droite tracée indique la pente — 3.

presqu'île de Crozon, s'ouvre face au nord-ouest sur 3 km de long. Trois sables y ont été pris, dont l'un dans le port même de Camaret. Les caractéristiques des courbes (fig. 9) sont fondamentalement les précédentes. Le maximum du tamis 63-80 μ , particulièrement marqué, reste cependant au-dessous de la tangente critique. L'intervalle critique est 100-125 μ ;

d) La plage de Trez-Hir est comprise dans l'anse de Bertheaume, à l'entrée du goulet de Brest et sur sa rive nord, presque en face de l'anse de Camaret, mais elle est orientée vers le sud-est, au contraire de celle-ci. Elle fournit encore, dans toute son étendue et à tous

niveaux, des courbes numériques (fig. 9) conformes à toutes les précédentes, avec maximum très marqué pour $63-80 \mu$ et intervalle critique pour $100-125 \mu$. Elles ressemblent donc tout particulièrement à celles de Camaret.

Une observation locale, faite ici, a quelque intérêt. Aux bas niveaux émergent du sable de nombreux rochers faits d'une arkose très friable. On trouve donc, au pied de ces rochers, de petites quantités d'arènes. Mais à quelques décimètres de distance on revient à un sable fin et gris à *Tellina tenuis* Da C., *Owenia fusiformis* D. Ch., et à Balanoglosses dont l'aspect rappelle les sédiments de Dinan ou

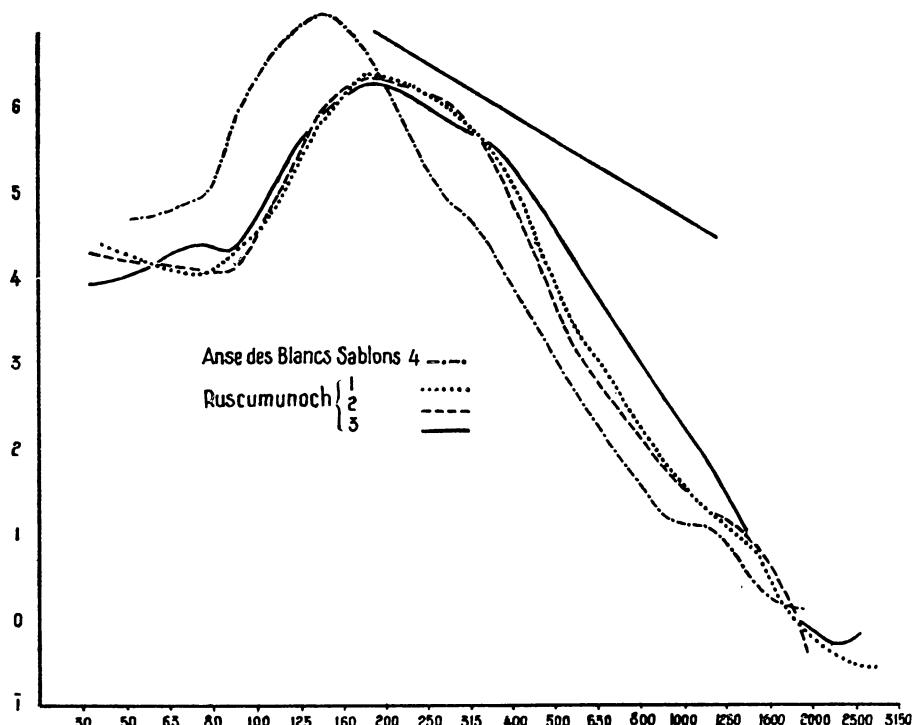


FIG. 10. — Courbes granulométriques numériques pour 4 sables de plages bordant le chenal du Four.

La droite tracée indique la pente — 3.

de Douarnenez et où l'on retrouve difficilement les éléments de l'arène locale, déjà trop dispersés. Ces éléments ne se retrouvent en quantité notable que dans la haute plage, et y caractérisent les portions de tamisage supérieures à 500μ , permettant d'y compter (pour 100 g de sable sec) 1.000 à 2.000 grains par tamis. Mais ceci ne se traduit en rien dans la régon maximale, exactement superposable à celle des sables de la basse plage, sans même l'étalement vers 160μ noté à Morgat. Ainsi l'effritement de roches locales a très peu d'effet sur les courbes numériques, par rapport aux facteurs hydrodynamiques généraux.

e) Ont encore été examinées deux anses de la côte au nord de la pointe Saint-Mathieu et du Conquet : celles des Blancs Sablons et de

Ruscumunoch. Elles sont ouvertes franchement à l'ouest, en apparence de la même façon que l'anse de Dinan. Mais les courbes numériques (fig. 10), analogues entre elles, sont ici très différentes de toutes les précédentes. Leur maximum principal est situé régulièrement à Ruscumunoch dans l'intervalle 160-200 μ , avec une ordonnée un peu supérieure à 10^6 . Aux Blancs Sablons, il est dans l'intervalle 125-160 μ et d'ordonnée 10^7 . Du côté des éléments fins la courbe comporte, au-dessous de 100 μ , une portion dont l'ordonnée est voisine de 10^4 . Du côté des éléments plus grossiers, le maximum principal est suivi d'une portion de courbe dont la pente est assez voisine de — 3. De ce fait, le point critique n'est pas très bien défini et se trouve reporté dans l'un des intervalles 250-315 μ ou 315-400 μ . A partir de là commence la pente principale, dont la valeur est à peu près — 7,5. Nous retrouverons, dans la Manche, des courbes très semblables à celles-là qui sont, par contre, exceptionnelles parmi nos courbes des plages ouvertes de l'Atlantique.

Discussion

L'étude précédente des plages atlantiques offre encore beaucoup de lacunes. Entre Etel et les approches du raz de Sein, en particulier, nous ne disposons que de quelques données sur la baie de la Forest. On n'en est pas moins frappé par l'uniformité des granulométries entre Quiberon et la pointe Saint-Mathieu : uniformité telle que les courbes normales sont pratiquement superposables, avec région maximale de 63 à 125 μ , parfois légèrement étalée jusque vers 160 μ , ceci quelles que soient la situation géographique et l'orientation des plages exposées en question.

Au nord de la pointe Saint-Mathieu, les choses changent brusquement, bien que l'orientation par rapport à la houle et aux vents dominants soit sensiblement la même qu'à Dinan ou à Camaret, situés à peu de distance. Les sables sont beaucoup moins fins, avec maximum principal pour 125-200 μ et point critique entre 160 et 400 μ . Il est vraisemblable, mais non vérifié, que ce régime se maintient jusqu'au phare du Four qui, pour la navigation, marque conventionnellement l'entrée de la Manche.

Le brusque changement remarqué dans les parages de la pointe Saint-Mathieu ne peut guère être attribué à la houle ni aux vents dominants, mais, à titre d'hypothèse tout au moins, il n'en est pas de même pour les courants de marée. Les publications du Service Hydrographique de la Marine révèlent en effet, au niveau de la pointe Saint-Mathieu, une discontinuité brusque dans les vitesses et le comportement de ces courants.

On sait que l'onde de marée atlantique, venant du sud-ouest et abordant le plateau continental, augmente d'amplitude et suscite sur ce plateau des courants qui, dans l'ensemble, sont giratoires et de vitesses faibles. Les courants gardent plus ou moins ce double caractère quand on approche des côtes bretonnes atlantiques. Même quand la dissymétrie de la giration augmente et que le courant tend à devenir alternatif, sa vitesse reste assez faible et dépasse très rarement 1,5 nœud en vive eau. On relèvera ici, de l'ouvrage cité, quelques

données relatives aux courants dans les parages des plages étudiées.

Pour celle de Penthièvre-Erdeven : courant giratoire à 3 milles au S.W. de la pointe de Beg el Lan (10 milles au sud de Penthièvre) ; vitesse du flot : 1 nœud en vive eau, à 2,5 milles au large d'Etel.

Pour la baie de la Forest, courant giratoire de 0,5 à 1,3 nœud entre les Glénans et Concarneau ; dans toute cette région la vitesse en vive eau est en général 1 nœud et les vitesses de pointe, de 2 nœuds, parfois indiquées, semblent surestimées.

Pour la baie de Douarnenez et l'anse de Dinan, les courants sont généralement faibles et giratoires et ne dépassent guère 1 nœud en vive eau, à terre d'une ligne tracée de la pointe de Dinan à la pointe du Van. Quand le courant montre quelque dissymétrie, les variations de vitesse sont en général de 0,5 à 1 nœud. Au milieu de la baie de Douarnenez, le flot ne dépasse pas 0,4 nœud et le jusant 0,5 nœud. A 5,6 milles au S.E. de Crozon, le courant, de l'ordre de 0,2 nœud, est essentiellement lié aux vents.

Pour les anses de Dinan et de Camaret, les courants de toute cette région (Iroise) ne dépassent pas 1,5 nœud, sauf aux abords du chenal du Four, que nous retrouverons plus loin. Dans les parages de l'anse de Bertheaume, les courants ne dépassent pas 1 nœud et il n'y a pas de courant dans la partie ouest de cette anse, où se trouve comprise la plage de Trez-Hir.

Ainsi, face à toutes nos plages atlantiques à granulométries très fines, les courants de marée sont faibles (vitesse inférieure à 1,5 nœud). Il en est de même des autres régions de la côte sud, face à Audierne, à Bénodet, à Lorient, etc.

Par contre, quand on approche du cap Saint-Mathieu, on entre en contact avec les courants bien plus rapides et souvent franchement alternatifs du goulet de Brest et du chenal du Four, ces derniers eux-mêmes précurseurs de ceux de la Manche. On relève alors les indications suivantes. Au S.E. d'Ouessant les courants sont en général alternatifs, bien qu'il puisse y avoir des girations locales. Dans le Fromveur les vitesses atteignent 5,5 nœuds ; vers Molène, 3 nœuds ; 4 nœuds à 0,6 mille à l'W.N.W. de la pointe Saint-Mathieu ; 3 nœuds à l'entrée de l'Aber Ildut ; 3 à 5 nœuds par tourbillons en rade du Conquet. Au milieu de l'anse des Blancs Sablons, d'où proviennent certaines de nos prises, 1 nœud. Cette dernière indication mise à part, qui provient d'un point très proche du rivage et où les courants sont certainement freinés, les vitesses à considérer, en vive eau, varient de 3 à 5 nœuds, et sont donc au minimum doubles de celles rencontrées entre Quiberon et la pointe Saint-Mathieu.

En conclusion de cette étude des plages atlantiques, on peut donc formuler l'hypothèse suivante. La régularité granulométrique observée dans les plages exposées au large dépend essentiellement des courants de marée : non pas de ceux qui atteignent la plage elle-même et qui sont profondément modifiés par la configuration du terrain et par le régime des vents et de la houle, mais de ceux qui, à quelques milles au large, sont étudiés par les services hydrographiques.

L'étude des plages bretonnes de la Manche va apporter quelques arguments à l'appui de cette hypothèse, qui pourra ensuite être discutée plus à fond.

III - PLAGES BRETONNES DE LA MANCHE (LÉON ET TRÉGORROIS).

Ayant exploré la portion du littoral nord de Bretagne qui s'étend sur 120 km, à vol d'oiseau, de Brignogan à Perros-Guirec, je n'y ai retrouvé qu'en trois zones seulement (sur les plages ouvertes au large) le type de granulométrie fine que pour la brièveté nous appellerons « type Douarnenez ». Ces trois zones sont séparées par des espaces plus ou moins étendus dans lesquels les granulométries sont moins fines, variées et séries dans un ordre défini. Les trois zones où le type Douarnenez est exactement représenté sont :

a) la partie est de la grève de Goulven aux abords de Plouescat ;
 b) les parages de Santec, non loin de l'entrée occidentale du chenal de Batz ;

c) les plages de Plestin et, pour une part, de la baie de Lannion.

Dans les trois cas, il s'agit du fond d'une baie ouverte au nord-ouest, où débouche soit un estuaire, soit un chenal : respectivement rivière de Plouescat avec la lagune de Kernic, chenal de Batz, rivière de Lannion. Chacune de ces baies est suivie au nord-est par un saillant rocheux important où les rares taches sableuses ont des granulométries bien plus grossières et irrégulièrement distribuées. Au-delà de ce saillant, on parvient à une côte orientée en son ensemble à peu près ouest-est ou W.N.W.-E.S.E. Les granulométries, de plus en plus fines, se distribuent ici suivant un gradient régulier jusqu'à rejoindre la zone suivante à « type Douarnenez », si bien que, sur ce trajet, on rencontre notamment ce qu'on peut appeler le « type Conquet ».

La côte apparaît ainsi divisée en portions successives dont les longueurs sont inégales, mais où l'on reconnaît partout une périodicité : comme si, au long de chacune d'elles, se faisait d'ouest en est un transport des sédiments, aboutissant à leur tri suivant les grosseurs de grains. La discussion montrera (p. 391) que les agents de ce transport sont très probablement les courants de marée qui, dans cette région de la Manche, sont presque toujours alternatifs et orientés d'ouest en est, avec des vitesses atteignant en vive eau 2,5 à 4 noeuds, mais présentent des anomalies (courants giratoires et moins rapides) justement en face de la grève de Goulven, au voisinage de Santec et à l'entrée de la baie de Lannion.

Pour la clarté de la description, on la commencera ici par la portion de côte la plus longue, qui s'étend de la pointe occidentale de l'île de Batz jusqu'à la baie de Lannion, et l'on suivra le littoral, au-delà, jusqu'à Perros-Guirec. Après quoi l'on reprendra, à l'ouest, l'étude des deux autres systèmes distingués, de Brignogan à Santec et à l'île de Batz.

I) De l'île de Batz à la baie de Lannion et à Perros-Guirec (fig. 11).

a) Au nord-ouest de l'île de Batz, la zone des marées est occupée par un vaste champ de blocs, très battu, où de petites et rares

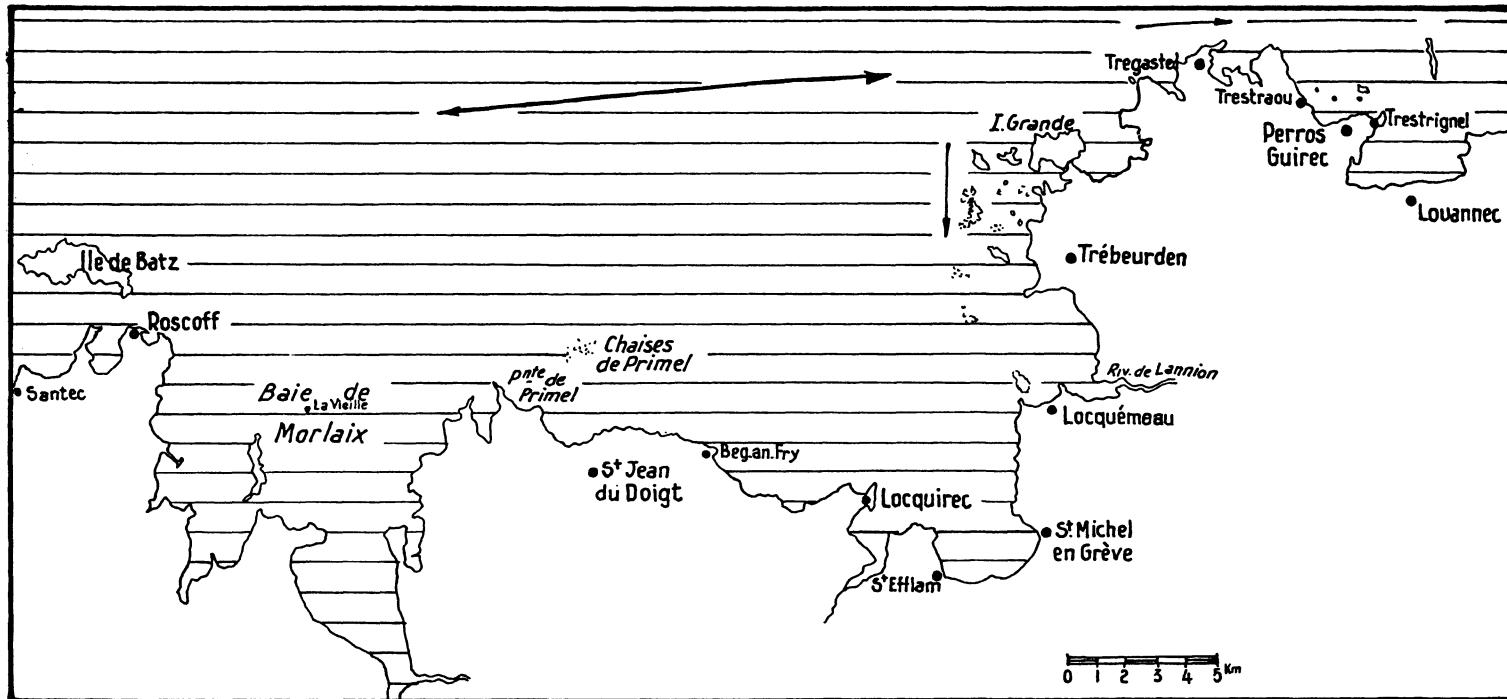


FIG. 11. — Croquis des côtes étudiées, de Santec et de l'ile de Batz à la baie de Lannion et de Perros-Guirec.

étendues de sables offrent des granulométries irrégulières, peu caractéristiques. Dans la partie orientale du champ de blocs cependant, vers le nord du phare, les courbes numériques tendent à se régulariser et montrent souvent un maximum entre 125 et 200 μ (avec ordonnée voisine de 10^6 grains) et aussi, dans l'intervalle 63-80 μ , un maximum secondaire, dû sans doute à la rétention porale.

Ainsi se trouve esquissé le régime des cinq kilomètres de plages qui suivent vers l'est - sud-est jusqu'à l'îlot de Tisaoson, d'abord sur la côte nord de l'île de Batz, puis sur le versant nord du banc de Batz. Souvent entrecoupées ici de roches émergentes, les plages de sable fin sont bordées de dunes sur toute la côte de l'île, mais se relient par-

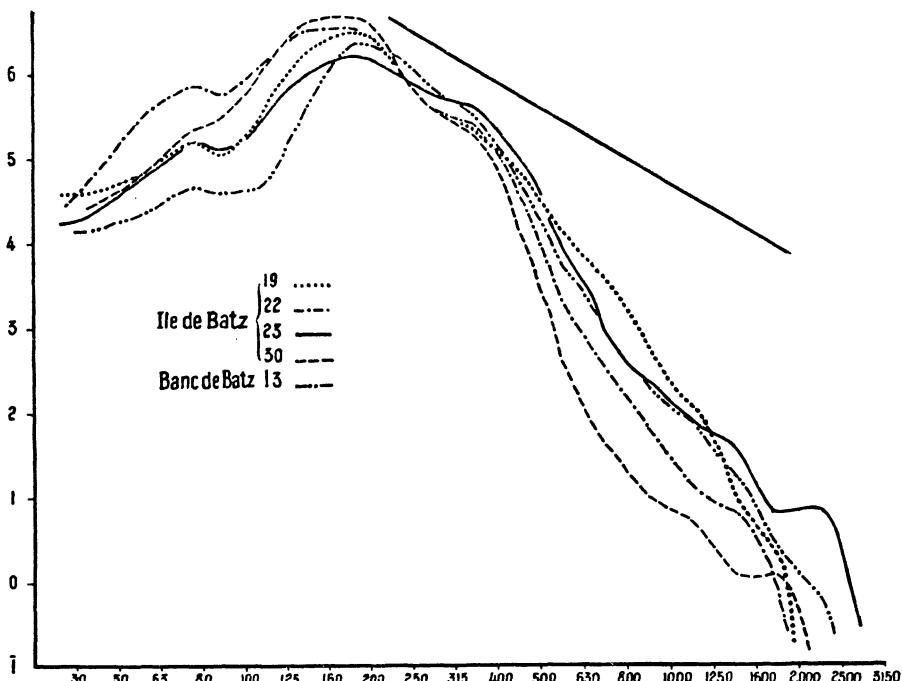


FIG. 12. — Courbes granulométriques numériques pour 5 sables du nord-est de l'île de Batz et du banc de Batz.

La droite tracée indique la pente -3 .

dessus la crête du banc aux sédiments bien différents du chenal, qu'étudiera un mémoire prochain.

Dans les sables exposés au large, j'ai fait 24 prélèvements : 16 à divers niveaux pour la côte de l'île, et 8 au bas de l'eau pour le banc. Tous les résultats sont très voisins (fig. 12). Le maximum principal (de l'ordre de 10^6) répond en général à 160 - 200 μ (ou plus rarement 125 - 160 μ) avec, pour 63 - 80 μ , un faible maximum secondaire ou un replat de remplissage poral. Entre le maximum principal et l'intervalle 315 - 400 μ , la courbe est sensiblement rectiligne, avec une pente voisine de -3 , si bien que l'abscisse critique est mal définie. Puis, après un coude net, on arrive à la pente principale qui est forte (-7 à

— 9). Ces courbes sont pratiquement identiques à celles de la région du Conquet.

b) La largeur de la baie de Morlaix (10 km à son entrée) n'empêche pas de retrouver sur sa rive est, après les pointes du Diben et de Primel, la continuité de notre série, avec les plages de Primel et de Saint-Jean-du-Doigt (1). Presque contigües et d'une longueur totale de 1.500 m, ces plages sont orientées vers le nord et le nord-est. 11 échantillons ont été recueillis à Primel et 21 à Saint-Jean.

Ces 32 courbes, très semblables entre elles et à celle de la Vieille, diffèrent de celles de Batz par un léger décalage de leur région maxi-

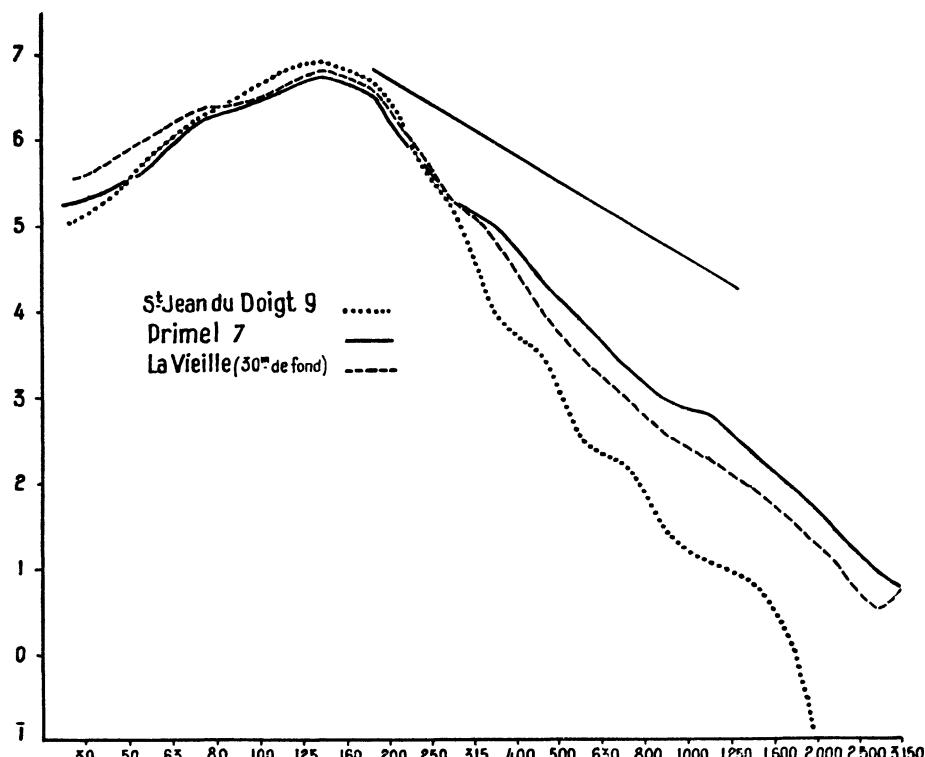


FIG. 13. — Courbes granulométriques numériques pour 3 sables de la Vieille (dragage) et des plages de Primel et de Saint-Jean-du-Doigt.
La droite tracée indique la pente — 3.

male vers les éléments fins (fig. 13). Cette région correspond à quatre tamis, de 63 à 160 μ avec maximum principal dans l'intervalle critique 125 - 160 μ et maximum secondaire pour 63 - 80 μ . Plus élevée qu'à Batz, l'ordonnée du maximum principal peut atteindre 6,5. La pente principale, qui varie de — 5 à — 8, est en général plus forte à Saint-Jean qu'à Primel.

(1) A titre exceptionnel j'ai étudié un sable pris à la drague Rallier, par 30 m de fond, vers la Vieille (à l'entrée de la baie et vers son milieu). Sa courbe numérique est pratiquement superposable à celles de Primel et de Saint-Jean. Un mémoire ultérieur envisagera la baie de Morlaix, et notamment les plages de sa côte est (région du Diben).

c) Il faut suivre encore sur une huitaine de kilomètres la côte presque toute rocheuse de Beg-an-Fry pour arriver aux plages de Locquirec. La grande plage s'ouvre vers le nord-est sur plus de 1.500 m de large, entre les pointes de Locquirec et de Plestin. La rivière le Douron y serpente après avoir déposé un peu de vase, et y cause une ablation notable, mais temporaire et localisée. La plage presque entière offre donc un sable fin et pur, avec des *Echinocardium*, *Astropecten* et *Ophiocentrus*, auxquels s'ajoutent des Siponcles dans la partie nord, mieux abritée.

36 échantillons ont été recueillis ici, sur toute la largeur de la plage,

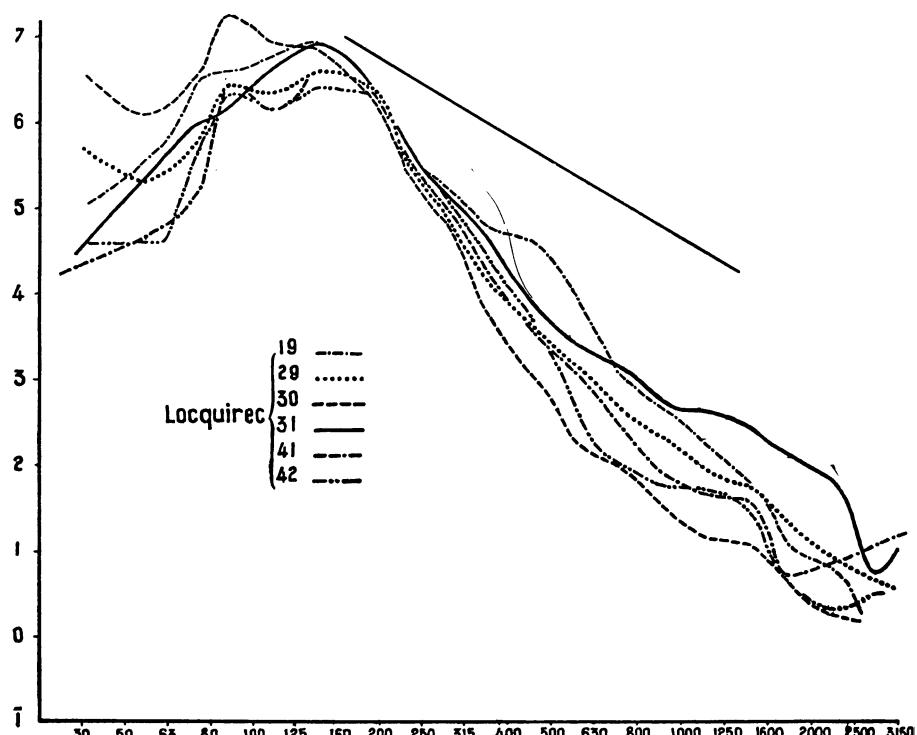


FIG. 14. — Courbes granulométriques numériques pour 6 sables des plages de Locquirec : les numéros 41 et 42 correspondent aux deux petites plages situées au nord-ouest de Locquirec ; les autres, à la grande plage.
La droite tracée indique la pente — 3.

et sur toute sa hauteur à ses deux extrémités. Il faut y ajouter des prises faites sur les deux plages ouvertes face au nord et à l'ouest de la roche Ledan et séparées de la grande par toute la pointe de Locquirec. Pour tout cet ensemble, les courbes numériques (fig. 14) ne diffèrent en effet que par quelques nuances et montrent de grandes analogies avec celles de Primel et Saint-Jean. La région maximale, qui s'étend typiquement sur trois tamis (de 80 à 160 μ), a parfois quelque tendance à s'étaler d'une part vers 200 μ , ou d'autre part (pour les sables à Siponcles) vers 63 μ . Un peu plus forte qu'à Primel ou Saint-Jean, l'ordonnée maximale atteint pourtant rarement 10⁷. La pente principale, ici encore, varie de — 5 à — 8.

d) Séparée de celle de Locquirec par la seule pointe de Plestin, une vaste plage ouverte au nord, s'étend sur trois kilomètres de Saint-Efflam à Saint-Michel-en-Grève. Très uniforme en avant du cordon de galets qui représente seul la haute plage, elle a une pente bien plus faible que toutes les précédentes et découvre en vives eaux sur plus de deux kilomètres. Sa macrofaune, bien caractérisée par de nombreux *Echinocardium*, *Astropecten* et *Ophiocentrus*, rappelle celle des plages atlantiques étudiées plus haut.

J'y ai fait une vingtaine de prélèvements, tous les 100 m environ,

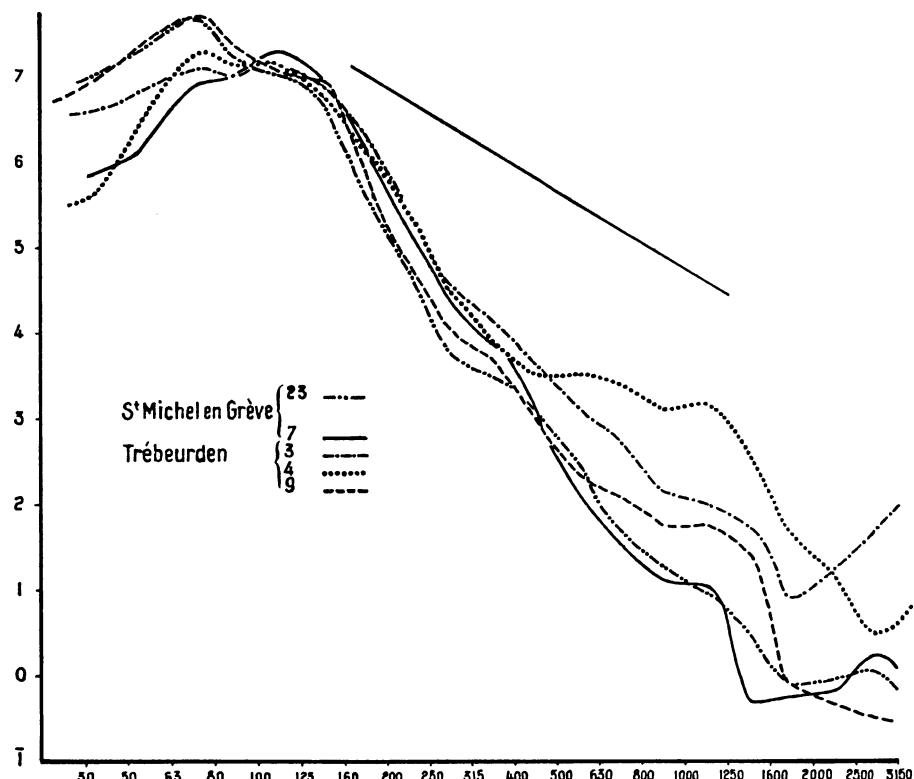


FIG. 15. — Courbes granulométriques numériques pour 2 sables de Saint-Michel-en-Grève (types extrêmes de la plage entière), et 4 sables de Trébeurden.
La droite tracée indique la pente — 3.

le long d'une ligne de pente face à Saint-Michel, puis une vingtaine d'autres espacés de même à partir de là, au bas de l'eau, vers l'ouest. Cette série se raccorde vers la Roche Rouge aux études de Vovelle.

Les courbes numériques correspondantes ont toutes une région maximale étendue sur trois tamis (fig. 15), de 63 à 125 μ , avec un maximum pour chacun des deux tamis extrêmes, ou un seul maximum et un replat continu sur les deux autres tamis. Dans la zone élevée de la plage (jusqu'à 600 m environ du cordon de galets) c'est le maximum de 100 à 125 μ qui prédomine ; plus bas, c'est celui de 63-80 μ , qui pourtant n'atteint pas la tangente critique. Il y a donc ici

une légère diversification des granulométries en fonction du niveau, bien qu'il ne s'agisse que d'une basse plage à pente très faible. En tous cas, l'ordonnée du maximum principal atteint ou dépasse 10⁷ et la pente principale varie de — 4 à — 6. Ces courbes sont pratiquement indiscernables de celles observées dans l'Atlantique, de Quiberon à Trez-Hir. Elles se distinguent au contraire très nettement, par leur granulométrie très fine, de toutes celles que nous avons suivies de Batz à Locquirec.

e) Après Saint-Michel, la côte rocheuse s'oriente sud-nord ; puis s'ouvre vers l'ouest, entre les pointes de Sehar et de Bihit, une anse

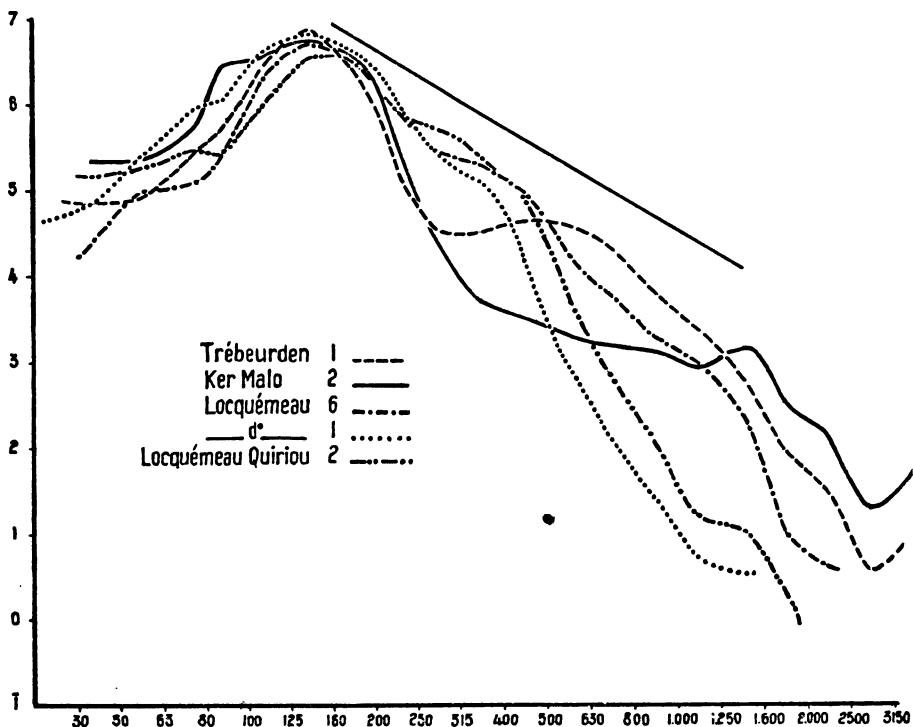


FIG. 16. — Courbes granulométriques numériques pour 5 sables relativement grossiers de la baie de Lannion.
Celui de Trébeurden provient de la haute plage. La droite tracée indique la pente — 3.

semi-circulaire de 4 km de diamètre, où débouche la rivière de Lannion. Dans les plages sableuses qui bordent en grande partie cette anse ont été pris quelques échantillons (fig. 16).

Au sud-ouest de l'estuaire, la plage de Locquémeau s'ouvre vers le N.-N.-W., sur 1.500 m de large. Elle est riche en *Echinocardium* et en Siponcles. Les courbes numériques correspondantes rappellent celles de Locquirec, avec un maximum principal pour 125-160 μ et un maximum secondaire de 63-80 μ ; mais ce dernier est ici à peine esquisé et le maximum principal ne tend pas à s'étaler vers 200 μ . La région maximale entière est donc ici plus étroite.

Dans la même anse, un sable recueilli au nord de l'estuaire, près de la pointe de Becléguer, est nettement plus grossier avec, dans l'intervalle 160 - 200 μ , un maximum dont l'ordonnée n'atteint pas 10⁶ et à droite duquel la pente est très faible jusqu'à l'intervalle 315 - 400 μ . Par contre la plage de Ker Malo, au sud de Trébeurden, offre à nouveau des courbes du type de Locquémeau. Toutes ces particularités, de la pointe de Sehar à celle de Bihit, semblent dues à l'estuaire de Lannion et aux effets plus ou moins directs de la chasse d'eau qu'y produisent les marées.

Quant à la grande plage de Trébeurden, où ont été étudiés plusieurs sables, elle n'est pas pleinement ouverte au large, mais protégée

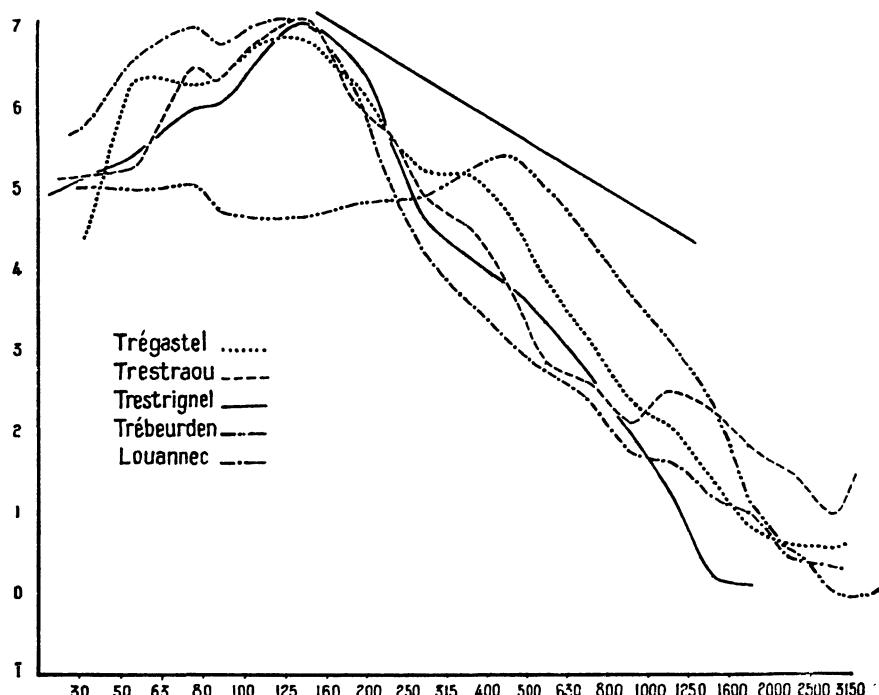


FIG. 17. — Courbes granulométriques numériques pour 5 sables pris entre l'île Grande et l'anse de Perros-Guirec.

La courbe notée « Trébeurden » correspond à un sable du champ de blocs de l'île Grande. La droite tracée indique la pente —3 de l'île de Grande. La droite tracée indique la pente —3.

par des îles et des rochers qui déterminent des courants locaux : d'où la diversité des granulométries suivant les emplacements et les niveaux. Alors que les sables de la haute plage (fig. 16) sont comparables à ceux de Locquémeau, avec intervalle critique pour 125 - 160 μ , ceux de la basse plage (fig. 15) sont à peu près identiques à ceux de Saint-Michel, avec région maximale de 63 à 125 μ , et souvent maximum secondaire très marqué sur 63 - 80 μ .

f) La baie de Lannion est limitée au nord-est par l'île Grande et le vaste champ de blocs qui s'étend à la pointe nord-ouest de celle-ci

est la réplique de celui que nous connaissons au nord-ouest de l'île de Batz. Les taches de sable y étant rares, nous n'avons pu en étudier qu'une, dont la courbe granulométrique numérique (fig. 17) rappelle celles du champ de blocs de Batz, mais avec un maximum principal plus grossier encore (400 à 500 μ) et, à sa gauche, une portion de courbe déprimée, qui se relève en un faible maximum secondaire vers 63 μ . Toute cette portion semble correspondre à la rétention porale.

L'île Grande (en réalité presqu'île) abrite à l'est une grande grève coupée de roches, où les granulométries ne diffèrent guère de la précédente, mais avec un maximum généralement plus fin (315 à 400 μ au plus). Mais elles diffèrent moins encore de celles qui seront décrites plus tard dans le chenal de Batz.

Plus à l'est encore, mes données sont éparses : des prises ont été faites à la Grève blanche de Trégastel, à Trestrignel, à Trestraou, et devant Louannec, dans l'anse de Perros. Toutes les courbes obtenues ici (fig. 17) sont comparables à celles de la région de Locquémeau, avec portion maximale étendue de 63 à 160 μ et maximum principal sur 125 - 160 μ . Le fait est remarquable, car l'orientation de la côte et les conditions d'abri varient beaucoup sur ce parcours. Il semble qu'à partir de l'île Grande, on entre dans une nouvelle série, comparable à celle qui allait de l'île de Batz à la baie de Lannion ; mais les documents dont je dispose ne permettent pas de l'affirmer.

2) De l'Aber Benoît aux parages de Santec.

A l'ouest de l'île de Batz, nous disposons d'une série à peu près continue de prélèvements faits à partir de Brignogan et aussi, 20 km plus à l'ouest, de 25 échantillons provenant de l'Aber-Benoît.

a) *L'Aber-Benoît.*

Cet estuaire est long de 6 km environ et sa portion aval, assez large, est parcourue par des courants de marée alternatifs, qui atteignent 3 nœuds en vives eaux et contribuent à la formation de grandes ripple-marks (deux mètres de longueur d'onde) dans les sables très meubles.

Ces sables, pris au bas de l'eau et au voisinage du lit mineur, donnent des courbes numériques (fig. 18) dont la région maximale très courte est comprise entre 125 et 200 μ , avec abscisse critique pour 160 - 200 μ . Cette région maximale (ordonnée $10^{6,5}$ à 10^7) est encadrée par de fortes pentes (sable bien trié) : la pente principale atteint — 8,5. Les éléments très fins sont très peu abondants : de l'ordre de 10^5 grains pour 100 g, sur le tamis 63 - 80 μ . Il est probable que l'agitation des sables meubles par les courants les remet facilement en suspension.

Quand on s'écarte du lit mineur, sur des étendues sableuses parfois très plates, on trouve des éléments fins bien plus abondants, donnant lieu dans les courbes à un replat (ordonnée $10^{6,3}$ environ) pour le tamis 63 - 80 μ , mais les coordonnées critiques ne changent en rien. De même pour des sédiments prélevés à 5 km, en amont, près du pont de Tréglornou, les coordonnées critiques restent les

mêmes, mais on trouve pour le tamis 63 - 80 μ un maximum secondaire nettement séparé du maximum principal par un minimum. Cette forme de courbe exprime, dans des conditions hydrodynamiques moins agitées, une rétention porale plus importante de grains fins, mais l'intervalle 160 - 200 μ n'en est pas moins l'intervalle critique commun à tous les sables de l'Aber-Benoit.

Les données granulométriques précédentes seront peu utilisables dans la sériation des granulométries au long de la côte, du fait que l'Aber-Benoit n'est pas une plage ouverte, mais un estuaire ; mais elles serviront dans la discussion (p. 389) des causes de cette sériation.

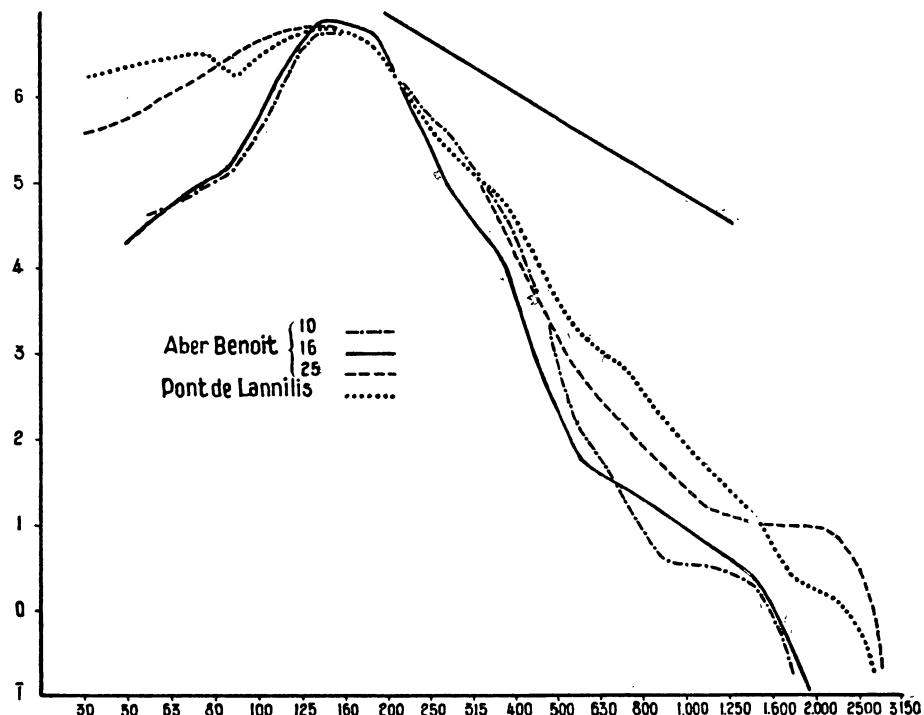


FIG. 18. — Courbes granulométriques numériques pour 4 sables typiques, pris en divers points de l'Aber Benoit.

La droite tracée indique la pente — 3.

b) *De Brignogan à Plouescat* (fig. 19).

Dans les parages de Brignogan ont été prises deux séries de prélèvements : l'une auprès du phare, sur la côte exposée au nord et entrecoupée de roches ; l'autre dans l'anse de Pontusval.

Dans cette anse qui s'ouvre au N.-N.-E. par un étroit passage, les sables recueillis (fig. 20) ont tous un maximum sur 63 - 80 μ . Ce maximum est le seul pour les sédiments recueillis au plus bas de l'eau, tandis qu'aux niveaux plus élevés il est accompagné d'un maximum plus grossier, tel que l'intervalle critique correspond à l'un des trois tamis compris entre 100 et 200 μ . L'anse de Pontusval est d'ailleurs trop abritée pour devoir être considérée dans notre sériation.

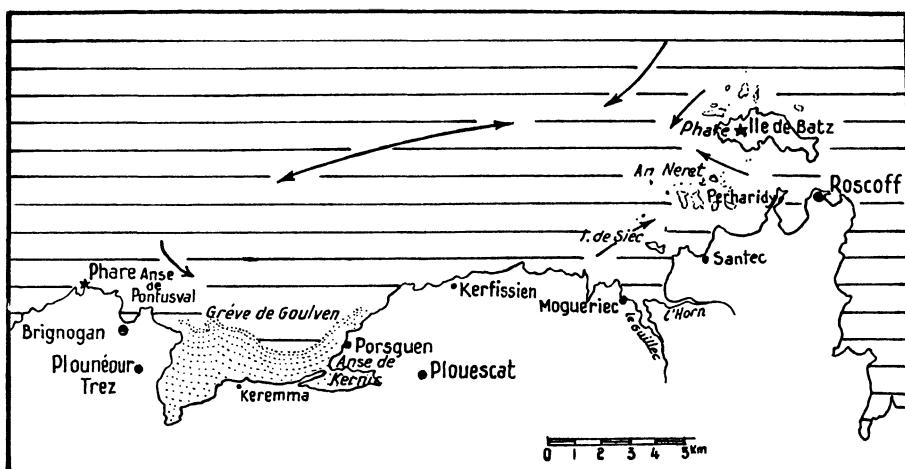


FIG. 19. — Croquis des côtes étudiées, de Brignogan à Plouescat, et de Plouescat à Santec et à l'île de Batz.

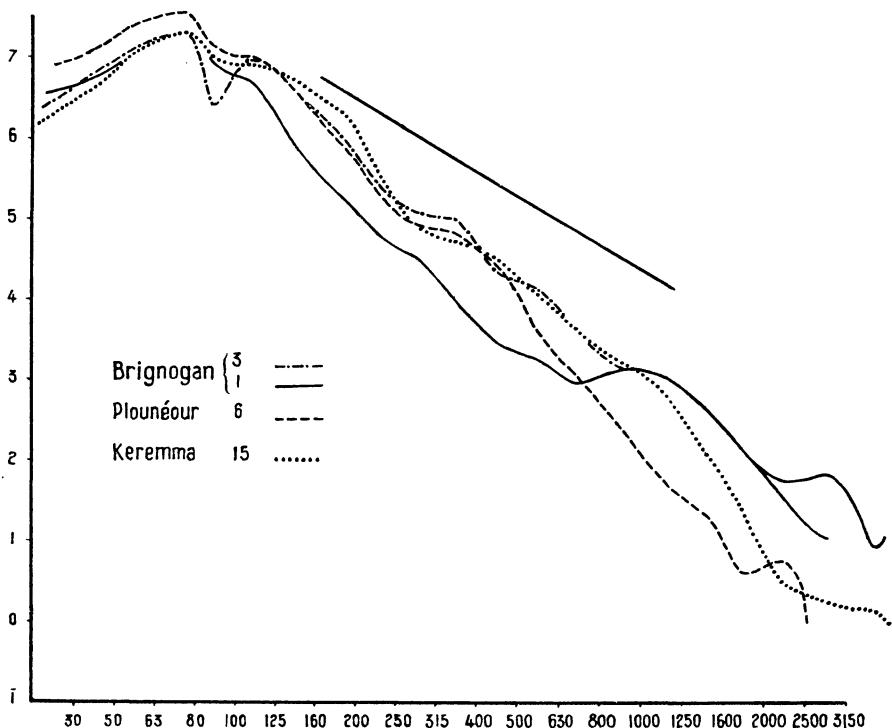


FIG. 20. — Courbes granulométriques numériques pour 4 sables de l'anse de Pontusval (Brignogan) et de l'ouest de la grève de Goulven.
La droite tracée indique la pente — 3.

Quant à la côte proche du phare, les résultats (fig. 21) ne sont cohérents que pour les basses plages. Le maximum principal y est presque toujours situé entre 125 et 200 μ , avec 160 - 200 μ pour inter-

valle critique, et avec un maximum secondaire pour 63 - 80 μ . Dans les hautes plages les courbes sont presque semblables à celles des dunes voisines, où le tri est presque nul. On y décèle pourtant un faible maximum numérique pour 160 - 200 μ .

Après Pontusval, on arrive vite à la grande grève de Goulven, longue de 7 km au bas de l'eau. Sa partie ouest, près Plounéour-Trez, dépasse 3 km de large, mais nous en négligerons ici les hauts niveaux qui correspondent à un estuaire abrité, notant seulement que par places on y trouve des sédiments analogues à certains sables de Pontusval (fig. 20) avec un seul maximum de 63 - 80 μ . Ce qui suit

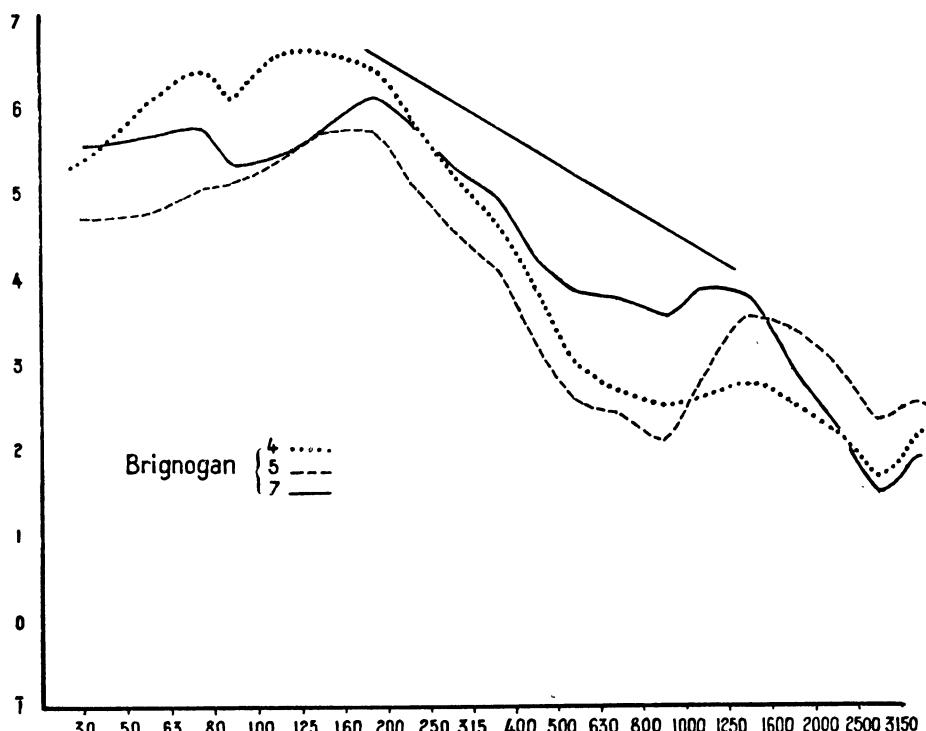


FIG. 21. — Courbes granulométriques pour 3 sables provenant des environs du phare de Brignogan.

La droite tracée indique la pente — 3.

n'envisagera donc que la basse plage dans cette partie occidentale, mais s'étendra plus à l'est sur tout l'estran jusqu'à Porsguen.

Cet ensemble est coupé près de Plouescat et avant Porsguen, par un important accident : l'estuaire de Kernic, séparé de la mer sur 1.200 m de long, par un mince cordon de dunes, ne communique avec elle que par un étroit goulet, soumis quatre fois par jour à de violents courants dus à la décharge et au remplissage de l'estuaire et complétés à mer basse par l'écoulement de la rivière sur le sable de la grève de Goulven. Il en résulte pour celle-ci, sur un front de 200 m, l'épandage de graviers et de sables grossiers assez bien triés suivant leur éloignement de la côte et jusqu'à plusieurs centaines

de mètres de celle-ci. Quant aux éléments fins qui proviennent aussi de l'estuaire, ils restent pour une part en suspension et pour une autre part, s'écoulent en traînées latérales et superficielles, par un phénomène qui mériterait une étude.

Cet accident local n'empêche pas les sables gris et fins plus normaux d'occuper la partie orientale de la grève de Goulven, de part et d'autre de lui. Ces sables fins se mêlent simplement, sur les bords de l'épandage de graviers, à quelques éléments plus grossiers, qui n'altèrent pas les caractères essentiels des courbes numériques. De tels sables fins, qui constituent la plage de Porsguen au nord-est des

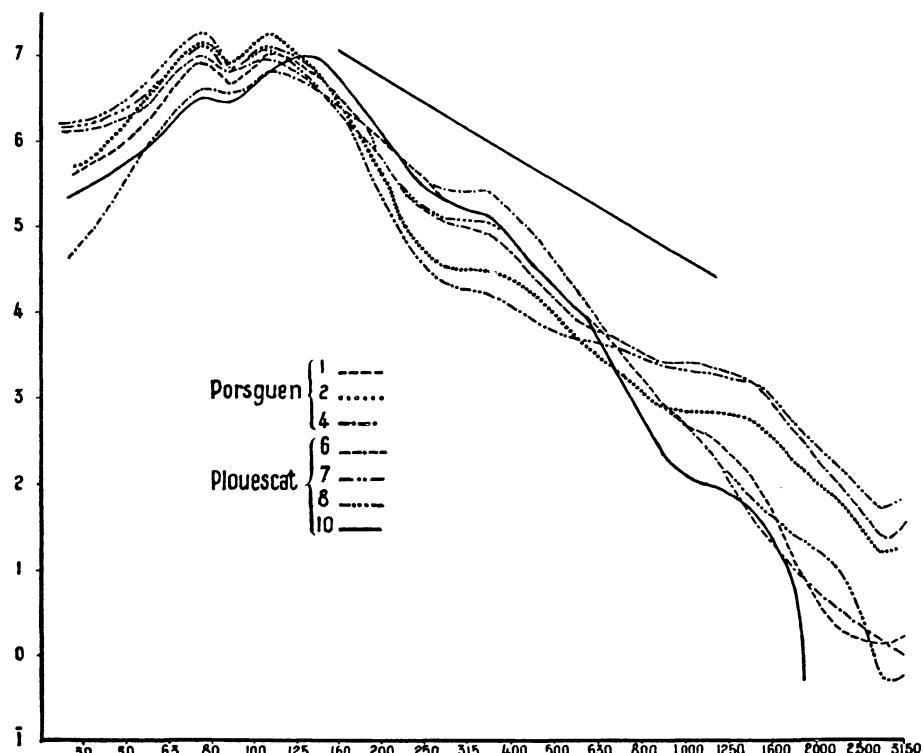


FIG. 22. — Courbes granulométriques numériques pour 7 sables de la région orientale de la grève de Goulven (Plouescat et Porsguen).
La droite tracée indique la pente — 3.

graviers, donnent le type de courbes (fig. 22) à région maximale étalée sur trois tamis de 63 à 125 μ , avec minimum sur 80 - 100 μ , et intervalle critique 100 - 125 μ , c'est-à-dire le type que nous connaissons sur la plupart des plages atlantiques et aussi dans la région de Saint-Michel-en-Grève. On en trouve d'analogues encore à quelques centaines de mètres à l'ouest des graviers de Kernic.

Mais d'autres sables, dans cette partie de la grève de Goulven, ont des courbes dont la région maximale tend à s'étaler sur quatre tamis, de 63 à 160 μ , avec intervalle critique 125 - 160 μ . Ces courbes (fig. 23) ressemblent de près à certains graphiques de l'île de Batz

(voir p. 372), et l'on peut faire à leur sujet les mêmes remarques sur l'abri des grains fins (63 - 80 μ) dans les espaces poraux correspondant aux grains de 125 - 160 μ . De la même façon aussi, mais en moins marqué, les courbes montrent entre 250 et 400 μ une légère rupture de pente, la pente principale moyenne restant faible, et voisine de — 4 à — 5,5.

Plus on va vers l'ouest à partir de là sur la grève de Goulven, moins la granulométrie est fine. On obtient ainsi, devant Plounéour (mais vers le bas de l'eau, que la largeur de l'estuaire reporte assez près de Pontusval) des courbes (fig. 24) où l'intervalle critique est 160 - 200 μ , tout comme sur les plages de Brignogan ou même à l'Aber-Benoît.

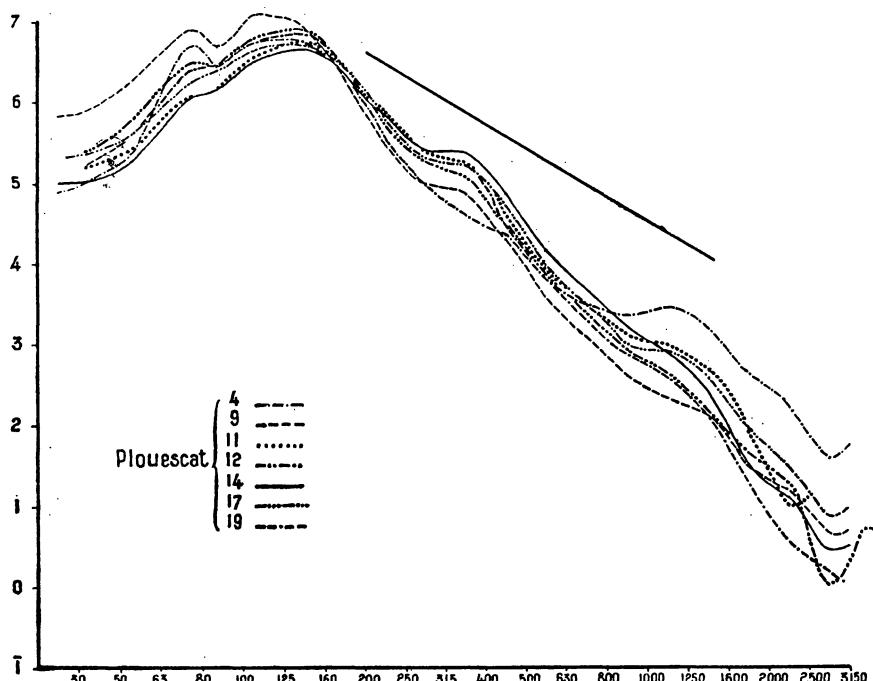


FIG. 23. — Courbes granulométriques numériques pour 7 sables de la région orientale de la grève de Goulven (Plouescat).
La droite tracée indique la pente — 3.

Ainsi, au long de la seule grève de Goulven nous retrouvons d'ouest en est une sériation des courbes numériques parallèle à celle observée entre l'île de Batz et la baie de Lannion, mais cependant moins explicite, étant donnée la brièveté de la côte sur laquelle se fait l'échelonnement.

c) *De Plouescat à Santec* (fig. 19).

Au nord-est de Plouescat, ou plus exactement de Porsguen, s'étend sur 5 km à vol d'oiseau, jusque vers Kerfissien, un saillant de côte rocheuse, tourné face au nord-ouest, où les anses sableuses,

minimes, se réduisent souvent à des ensembles de couloirs encadrés de roches basses. Les quinze sables recueillis en deux de ces anses, dites Cam Louis et Ar Cric, sont grossiers et donnent des courbes numériques peu régulières (fig. 25), où l'abscisse critique, toujours supérieure à 400μ , atteint généralement 1.000 ou même 1.600μ . Ils rappellent dans une large mesure ceux que nous avions trouvés épars dans les champs de blocs, exposés au nord-ouest, de l'île de Batz et de l'île Grande.

La plage de Kerfissien, ouverte face au nord sur 2.500 m, est entrecoupée de roches et rappelle de près les plages nord de l'île de Batz, avec un sable gris et fin. Les onze courbes dont nous disposons

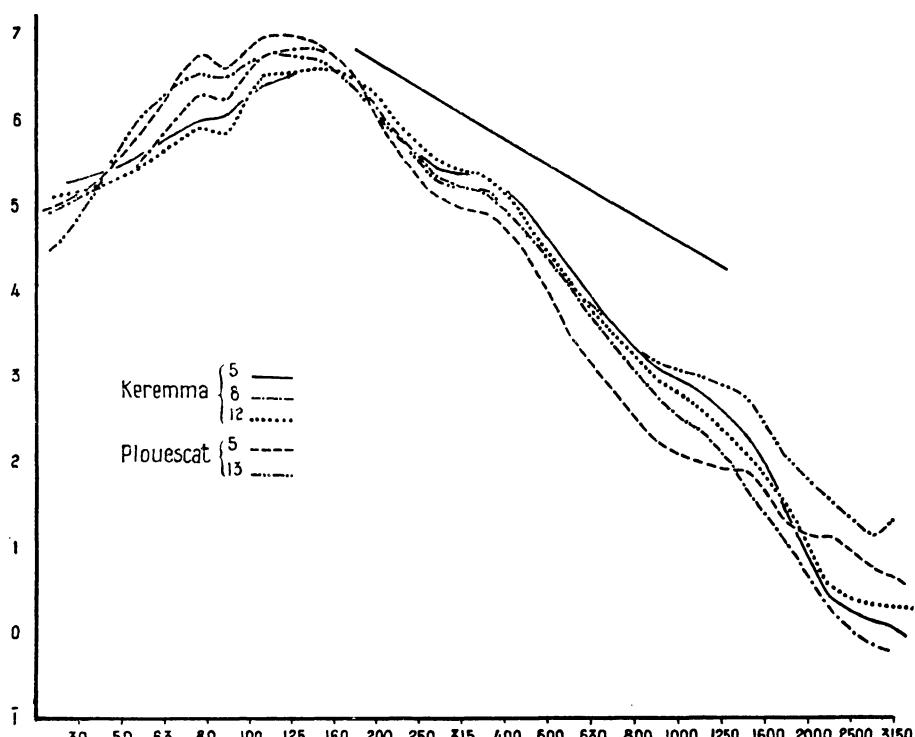


FIG. 24. — Courbes granulométriques numériques pour 5 sables de la région moyenne de la grève de Goulven.

La droite tracée indique la pente — 3.

ici sont aussi (fig. 26) du même type qu'au nord de l'île de Batz avec un maximum situé le plus souvent sur $160 - 200 \mu$ et plus rarement sur $125 - 160 \mu$ ou sur l'ensemble $125 - 200 \mu$. Entre ce maximum principal et l'intervalle $315 - 400 \mu$, on a souvent une portion rectiligne de pente voisine de — 3, ce qui rend l'abscisse critique peu précise. Enfin, pour le tamis $63 - 80 \mu$ on trouve en général un replat ou un faible maximum secondaire. On doit noter seulement qu'ici la sériation des normes granulométriques d'ouest en est admet plus d'irrégularités qu'au nord de Batz.

A 2 km plus à l'est, d'ailleurs, l'anse de Kersaliou, tournée au

nord-est, rappelle celles d'Ar Cric et de Cam Louis par sa configuration et par ses sables grossiers (9 échantillons recueillis), dont l'abscisse critique est supérieure à 1.000μ (fig. 25).

On parvient ensuite, vers Moguéric, à la grande plage semi-circulaire (2.500 m de diamètre environ) qui s'étend de là jusqu'à l'île de Siec (reliée à la terre presque à tous niveaux de marées). Cette plage, bordée de dunes, s'ouvre vers le nord-ouest. Certaines particularités de son extrémité ouest (présence du petit pont de Moguéric et débouché de deux rivières, le Guillec et l'Horn ou Odern) n'empêchent pas de suivre régulièrement, d'ouest en est, les modifications des courbes numériques.

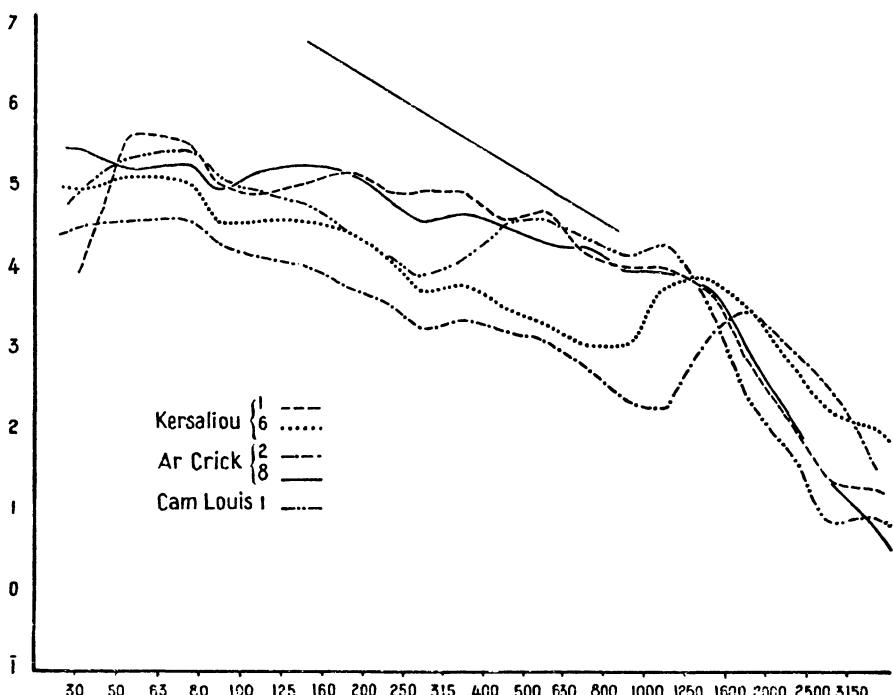
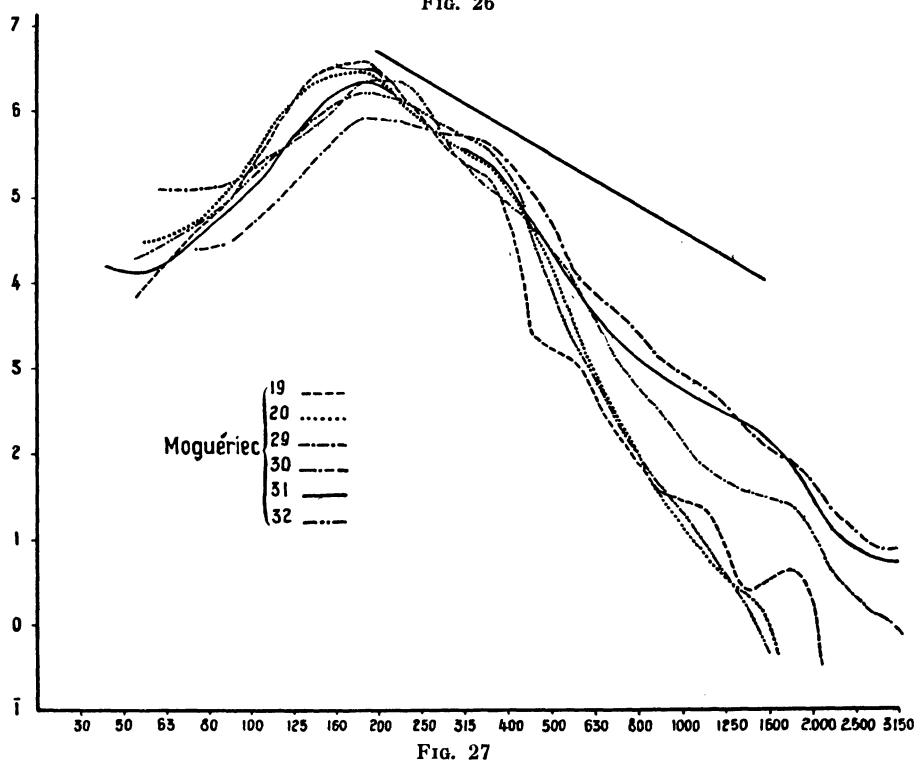
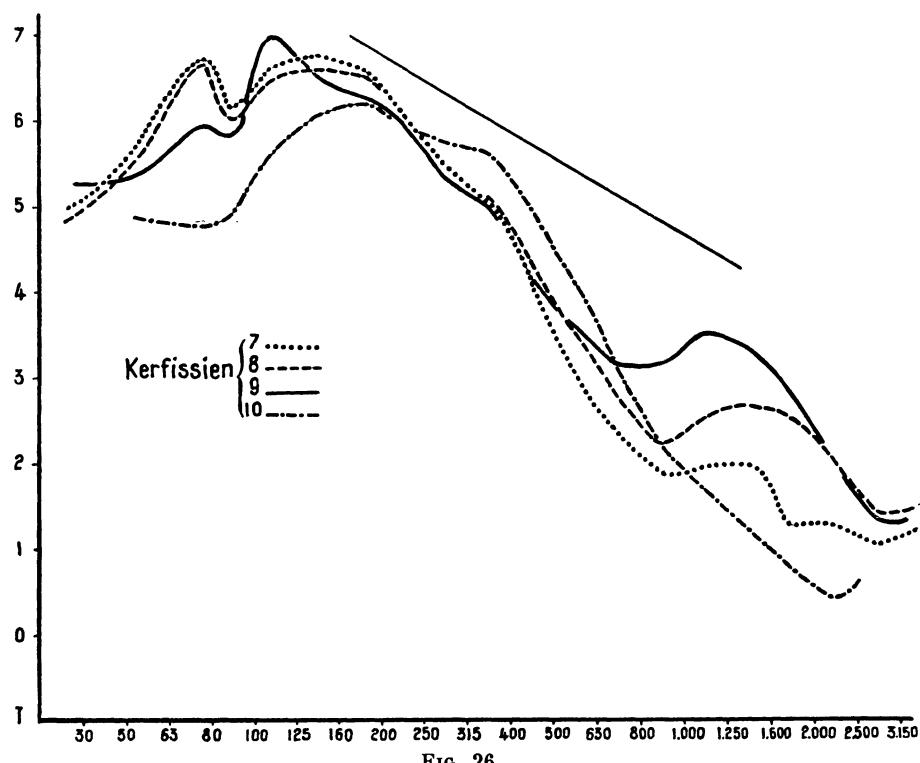


FIG. 25. — Courbes granulométriques numériques pour 4 sables grossiers récoltés dans des anses de la région rocheuse entre Porsguen et Moguéric.
La droite tracée indique la pente — 3.

Auprès de Moguéric, ces courbes ont parfois leur maximum dans l'intervalle $200 - 250 \mu$, mais uniquement dans les parages du port et le lit mineur encaissé du Guillec. A des niveaux plus bas, le maximum est sur $160 - 200 \mu$, mais parfois (fig. 27), entre lui et l'intervalle $315 - 400 \mu$, s'étend une portion à peu près rectiligne, de pente voisine de — 3, comme on l'a vu à Batz et à Kerfissien. A peu près superposables, donc, à celles du nord-est de Batz, ces courbes révèlent ici, cependant, une plus forte proportion d'éléments grossiers, de 1.000μ et au-dessus. Il résulte de là qu'à droite de l'abscisse 400μ , la pente de ces courbes est voisine en général de — 5 et atteint rarement en valeur absolue la pente des courbes de Batz.



En allant de Moguéric vers Siec on observe, dans la région maximale des courbes, les modifications suivantes (fig. 28). D'abord la fixation du maximum principal dans l'intervalle $125 - 160 \mu$, qui est l'intervalle critique ; puis la tendance de ce maximum à s'étendre vers les éléments fins, par une portion de courbe de pente positive, mais de plus en plus faible, qui finit par aboutir à un replat de plus en plus net dans l'intervalle $63 - 80 \mu$; enfin apparition dans cet intervalle d'un maximum secondaire qui, même peu marqué, donne

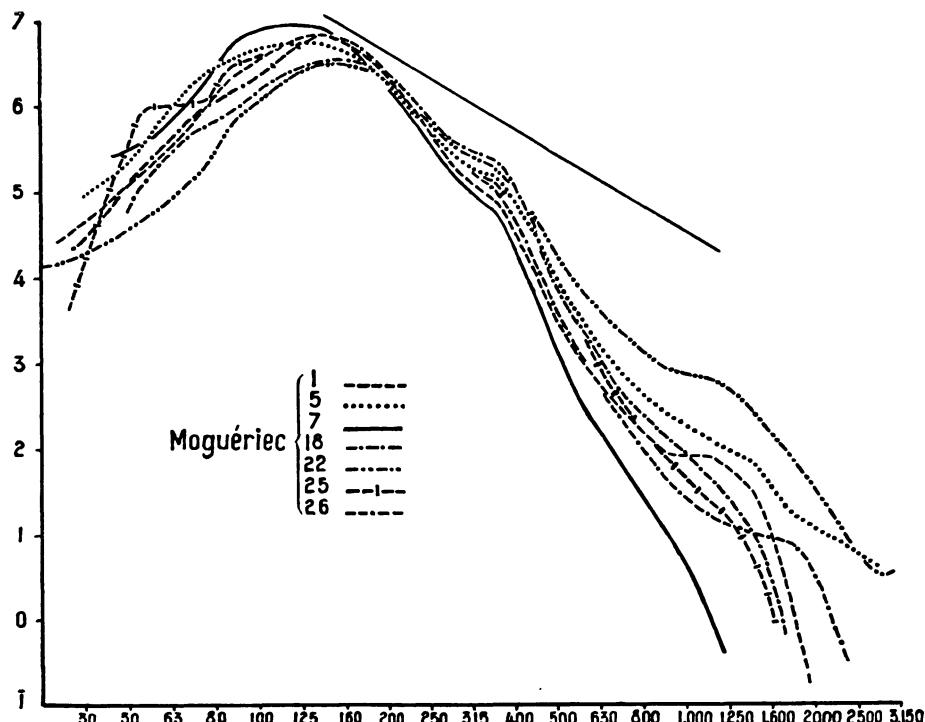


FIG. 28. — Courbes granulométriques numériques pour 7 sables, plus fins, de la région comprise entre Moguéric et Siec.
La droite tracée indique la pente — 3.

à la région maximale de la courbe un aspect déjà bimodal, analogue à celui des sables de Locquirec par exemple.

Aux abords même de Siec, et au sud comme au nord, on commence à trouver des sables plus fins encore (fig. 29) où le maximum secondaire de $63 - 80 \mu$ est plus accentué et où l'intervalle critique (avec le maximum principal) est ramené à $100 - 125 \mu$. De tels sables

FIG. 26. — Courbes granulométriques numériques pour 4 sables des parages de Kerfissien.
La droite tracée indique la pente — 3.

FIG. 27. — Courbes granulométriques numériques pour 6 sables de la région de Moguéric.
La droite tracée indique la pente — 3.

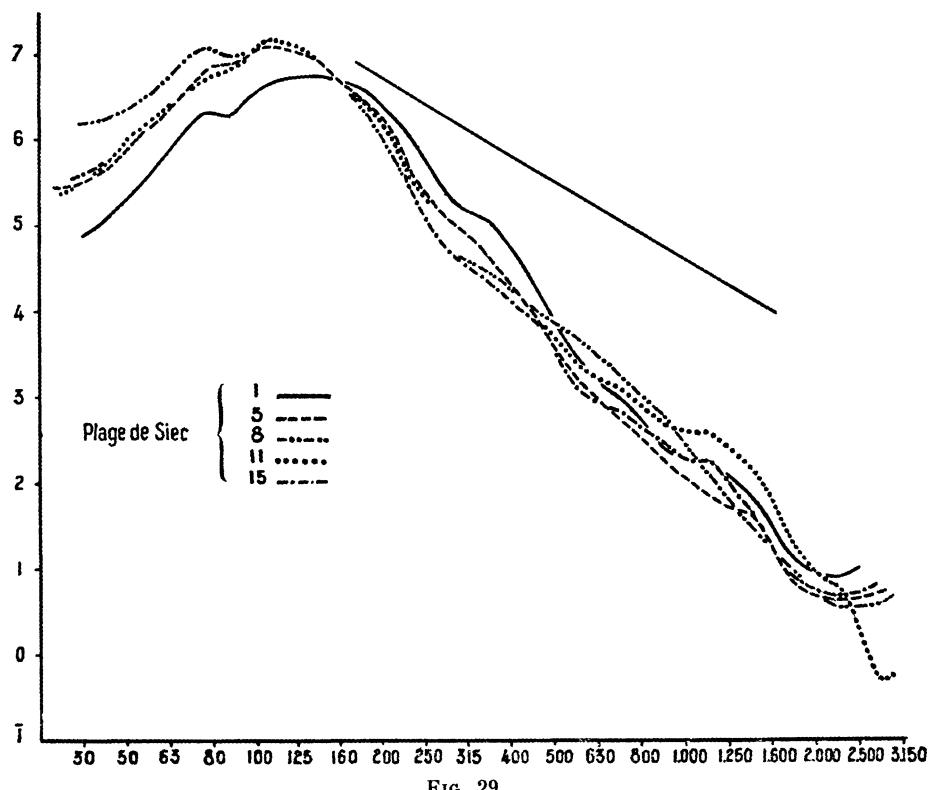


FIG. 29

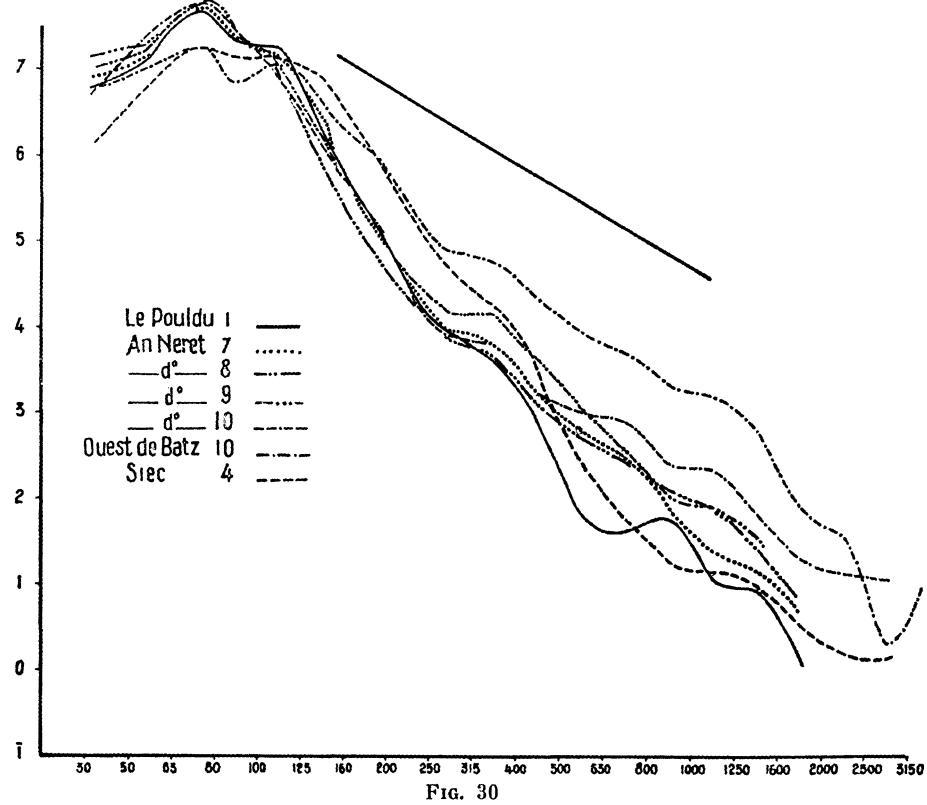


FIG. 30

deviennent la règle quand, franchissant le banc qui relie l'îlot d'Anneret à la terre ferme, on se trouve devant Le Pouldu. Dans tous ces parages de Santec, jusqu'à l'entrée du chenal de Batz, que marque sur sa rive sud la pointe de Perharidy, des alignements rocheux précisent l'orientation générale des plages vers l'ouest ou le nord-ouest. Les sables gris, actuellement en voie de repeuplement par les Zostères, donnent des courbes numériques (fig. 30) à région maximale étendue sur trois intervalles, de 63 à 125 μ , avec maximum bien marqué pour 63 - 80 μ . Ces courbes sont exactement comparables à celles que nous connaissons à Saint-Michel-en-Grève ou à Porsguen, ou encore dans l'Atlantique, mais la finesse du sable est telle que parfois le maximum 63 - 80 μ peut apparaître isolé, ce qui est rare dans l'ensemble de nos observations.

Dans la région sud-ouest de l'île de Batz une plage présente les mêmes caractères bionomiques (herbiers) et granulométriques que celles du Pouldu. Or par rapport à celles-ci (et à l'entrée du chenal) elle a une situation comparable à celle de la grande plage de Trébeurden par rapport à celle de Saint-Michel (et à l'estuaire de Lannion) ou que la plage de Porsguen par rapport à celle de Plouescat (et à l'estuaire de Kernic). Dans les trois cas, la sédimentation des éléments les plus fins offre une certaine symétrie par rapport à une droite orientée S.-E. - N.-W., passant par le fond de la baie considérée.

Sur la côte ouest de l'île de Batz, au nord de la plage précitée, on arrive aux premières perturbations annonçant le champ de blocs par où a été commencée notre description. Et l'on peut conclure que, de Kerfissien jusque là, les plages successives montrent, dans les granulométries, une sériation comparable à celles que nous avons trouvées, plus à l'ouest entre Brignogan et Plouescat, et plus à l'est entre l'île de Batz et la baie de Lannion, sans parler de celle qui, plus à l'est encore, semble bien débuter dans les parages de Perros-Guirec.

IV - DISCUSSION ET CONCLUSION.

Un des résultats principaux de cette étude est le suivant. Dans une longue portion de la côte nord de Bretagne (tout au moins entre Brignogan et Perros-Guirec), les granulométries se distribuent périodiquement pour les sables intertidaux exposés au large. On peut y définir des étendues de littoral pour lesquelles les dimensions typiques des grains (abscisses critiques et abscisses de la région maximale dans les courbes numériques) diminuent d'ouest en est suivant un gradient régulier. Ces étendues distinctes se touchent à peu près sans transition, à la limite orientale de baies ouvertes au nord-ouest,

FIG. 29. — Courbes granulométriques numériques pour 5 sables de la plage de Siec.
La droite tracée indique la pente — 3.

FIG. 30. — Courbes granulométriques numériques pour 7 sables de la région Siec-Santec-ouest de Batz.
La droite tracée indique la pente — 3.

d'un angle droit environ : dans les parages de Plouescat, dans ceux de Santec et dans la baie de Lannion.

Le fait remarquable n'est pas que les sables les plus fins se déposent dans les baies, mais que les sédiments qui les suivent vers le nord-est soient brusquement irréguliers et bien plus grossiers, alors que la série qui les précède à l'ouest est au contraire sensiblement continue. C'est aussi que la gradation dans un de ces systèmes soit très largement indépendante de la nature de la côte et de sa situation plus ou moins exposée.

On a noté aussi que dans les baies à côte sableuse et dunaire, de Brignogan à Plouescat d'une part, de Moguéric à Siec de l'autre, on trouve sur quelques kilomètres de long seulement la même gradation que l'on suit de l'île de Batz à la baie de Lannion sur 30 km à peu près rectilignes, dont un tiers rocheux et battu et un tiers correspondant à la traversée de la baie de Morlaix. La cause essentielle de cette régularité semble donc à rechercher dans une orientation des actions hydrodynamiques, sériant statistiquement les diamètres de grains, comme on le sait déjà pour d'autres côtes et par exemple (Glangeaud 1938) sur le littoral landais. Mais, dans notre cas, le résultat se manifeste parfois à la côte de façon plus discontinue, les anses et baies effectuant en quelque sorte des prélevements individualisés dans les matériaux transportés.

Pour les plages exposées au large, nous n'accordons en somme qu'une importance subordonnée à la nature et à la configuration de la côte, qui interviennent surtout dans des accidents locaux. Tels sont les apports de graviers devant l'estuaire de Kernic à Plouescat, ou de vase (en quantité minime) pour le Guillec, l'Horn, le Douron ; actions éluviales sur le sable à basse mer par ces mêmes rivières ou par de simples ruissellements ; apport et ablation à la fois par la chasse d'eau dans l'Aber-Benoit ou dans l'estuaire de Lannion. On ne parle pas, ici, des estuaires de la baie de Morlaix, qui sont nettement abrités. Comme accidents locaux, il faut citer aussi ceux qui créent la configuration topographique du rivage et des îlots voisins, avec les abris et les courants et remous auxquels ils donnent lieu : tels l'anse de Pontusval, le fond de Plounéour-Trez, le banc qui enracine l'îlot d'Annéret, les parages de Trébeurden avec leurs îlots, la grève située à l'est de l'île Grande. Les exceptions granulométriques qui en résultent mériteraient, mais à une échelle moindre, d'être traitées de la même manière que le seront plus tard le chenal de Batz et la baie de Morlaix, car elles marquent que les sédiments en question sont plus ou moins soustraits aux conditions hydrodynamiques générales établies par la houle et les courants du large.

Plus importante est sans doute la question des rapports entre la plage et les roches encaissantes, dunes comprises. Pour celles-ci, dans toute la région qui nous occupe, leur granulométrie diffère en général très peu de celle de la haute plage voisine et celle-ci est souvent un peu plus grossière que celle de la basse plage, en granulométrie pondérale. Mais les courbes numériques montrent que cette différence tient à l'enrichissement de la basse plage en éléments fins, bien plutôt qu'à une élimination des grains plus gros qui pourraient provenir de la dune. Sans discuter à fond les rapports, sans doute variables suivant les points, entre plage et dune, notons seule-

ment que dans l'ensemble la présence ou l'absence de dunes ne paraît pas modifier la régularité du gradient granulométrique pour les basses plages et ne la modifie qu'à peine, et en certains cas seulement, pour les hautes plages. Quant aux roches encaissantes non dunaires, nous avons vu (p. 367) à propos de Trez-Hir, la faible influence qu'avait sur le sable leur désagrégation particulièrement rapide. Un cas plus difficile à trancher est celui de Kersaliou (p. 384), où du haut de la plage (d'ailleurs à forte pente) on a trouvé une granulométrie très grossière, intercalée dans la série entre les granulométries bien plus fines de Kerfissien et de Moguéric : cette granulométrie est pratiquement identique à celle, non éolienne, du rivage sableux qui domine l'anse. Ce cas de Kersaliou, limité à une petite anse, est unique dans nos observations. En règle générale, donc, il reste vrai que la sériation des granulométries, sur les côtes bretonnes de la Manche, est largement indépendante de la nature du rivage et dépend avant tout des conditions hydrodynamiques.

En conclusion (p. 368) de l'étude des plages atlantiques, nous avions vu que la pointe Saint-Mathieu forme la démarcation entre deux types granulométriques très différents, comme entre deux régimes des courants de marée et nous avions émis l'hypothèse qu'il y a relation de cause à effet entre ces deux ordres de constatations. Cherchant à éprouver cette hypothèse quant à la région des côtes de la Manche qui nous concerne, on peut résumer comme suit les renseignements donnés par les publications du Service Hydrographique de la Marine.

Dans l'ensemble, à quelque distance de la côte, les courants de marée suivent à peu près celle-ci et sont alternatifs. Leurs vitesses sont grandes et atteignent 2 à 3 ou même 4 noeuds en vive eau : 2,5 à 3 noeuds de l'île Vierge à l'île de Batz et notamment à la limite des dangers devant Pontusval ; 4 noeuds à la limite des dangers au N. de l'île de Batz ; 2 à 4 noeuds (suivant les points) dans la région de la pointe de Primel et de la Méloïne ; 1,5 à 2 noeuds seulement vers Beg-an-Fry ; 3,5 à 4 noeuds au nord de l'île Grande et jusqu'à la rivière de Tréguier.

Des anomalies sont signalées, dont les unes (baie de Morlaix) sont en dehors de notre sujet, dont une est de type banal (courant alternatif de 2,5 à 3 noeuds dans l'estuaire de l'Aber-Benoît) et dont trois nous intéressent particulièrement, car elles ont trait aux trois points singuliers de la distribution des granulométries et sont caractérisées par des courants giratoires de vitesses réduites.

Face à la baie de Goulven-Plouescat, il est signalé qu'à environ 4 milles à l'E.-N.E. de la pointe de Pontusval, le courant prend localement un caractère faiblement giratoire, en sens inverse des aiguilles d'une montre (ce qui serait le sens giratoire normal) en raison de l'importante composante N.-S. ou S.-N. provoquée par la grande largeur de l'estran. Les vitesses maxima en vive eau moyenne sont de 1,5 à 2 noeuds.

Face à Santec, il est signalé que l'île de Batz forme un saillant très marqué, qui provoque à l'ouest d'importantes dissymétries du courant, celui-ci tournant franchement dans le sens des aiguilles d'une montre. De plus, le jusant venant du chenal de Batz s'infléchit

sur la droite et le jusant venant du nord de l'île s'infléchit sur la gauche, formant à l'ouest de l'île une zone, d'ailleurs mal délimitée, où se rencontre un courant inverse de celui qui existe au nord et au sud de l'île. L'influence de ce régime côtier perturbé se fait sentir encore à un mille environ à l'ouest de l'île de Siec, où le flot porte à l'E.-N.E. vers la baie à une vitesse (2 nœuds) double de celle du jusant qui porte à l'W.-N.W. On voit que cette perturbation correspond bien à la zone des sables très fins de Santec.

En baie de Lannion enfin, les courants sont en général plus faibles qu'au large et devant Perros-Guirec ou l'île Grande. Ils ne dépassent guère 1,5 à 2 nœuds, sauf en certaines passes étroites (comme devant Trébeurden ou dans les estuaires). Dès l'entrée de la baie, le courant est giratoire.

En somme, dans la Manche comme dans l'Atlantique sur les côtes étudiées, il existe un parallélisme entre la distribution des granulométries et celle des courants de marée, les régions de très fines granulométries correspondant à des zones à courants plus ou moins giratoires de vitesses assez faibles, tandis que les régions à granulométries plus grossières (abscisse critique voisine de 160 ou 200 μ) correspondent à des zones à courants alternatifs de vitesses dépassant 2 nœuds en vive eau.

Bien des observations notées au cours de ce mémoire indiquent, par contre, que la houle, les vents, les courants apériodiques ne jouent qu'un rôle subordonné dans la distribution des granulométries, considérée à cette échelle : rappelons, par exemple, que les anses de Camaret et de Trez-Hir, voisines l'une de l'autre, mais orientées exactement à l'opposé, ont des granulométries sensiblement identiques, correspondant aux courants giratoires de l'Iroise ; alors que les anses du chenal du Four, voisines aussi et orientées comme celle de Camaret, mais exposées à des courants de marée alternatifs, ont des granulométries foncièrement différentes.

Cette référence aux courants du large implique pourtant qu'aux approches de la terre, où ils sont modifiés et le plus souvent freinés, les matériaux charriés soient repris par les courants locaux, la houle et la dérive. Cette phase intermédiaire du transport est peu connue, bien que, dans notre région même, les travaux récents de Boillot et de Cabioch apportent des faits précis. On peut, d'autre part, évoquer certains aspects de la question à partir du travail classique de Hjulström (1935) sur les actions morphologiques des rivières.

Discutant les données existantes sur les vitesses de courants pour lesquelles des grains de diamètre défini se trouvent, soit déposés, soit remis en suspension, Hjulström en a tiré deux courbes bilogarithmiques, où les diamètres de grains sont portés en abscisses et les vitesses en ordonnées. Il précise bien, d'ailleurs, que ces courbes sont approximatives et résument des données parfois incertaines, vue la multiplicité des conditions en jeu : uniformité de taille des grains ou mélange ; nature du substrat plus ou moins lisse ou rugueux ; nature du courant plus ou moins laminaire ou turbulent. À ces difficultés, il faut ajouter, dans notre cas, le fait que nos sédiments n'ont avec les courants du large que des rapports lointains comme on l'a vu déjà. Il n'en est pas moins vrai que l'application de déductions tirées des courbes de Hjulström n'est pas ici sans intérêt.

Les deux courbes sont en effet très différentes. Celle des vitesses limites de maintien en suspension figure une fonction régulièrement croissante et passe au voisinage de l'origine des axes. La courbe d'érosion, qui est entièrement située au-dessus de la précédente, admet un minimum pour des coordonnées voisines du diamètre 400 à 500 μ et de la vitesse 18 à 20 cm/s (soit 0,4 nœud environ). A droite du minimum, vers les éléments grossiers, elle ne tarde pas à prendre même allure que la courbe de maintien en suspension, mais à une ordonnée plus grande (de log 1,4 ou 1,5 environ). A gauche du minimum, elle est rapidement décroissante en fonction des diamètres, de sorte que les vitesses d'érosion sont grandes pour des dépôts formés d'éléments très fins et surtout vaseux.

La plupart des sédimentologues qui s'étaient occupés de ces questions considéraient surtout des grains grossiers, de diamètre supérieur à 1 mm et souvent de l'ordre de plusieurs centimètres. Ainsi admettaient-ils facilement qu'entre les deux vitesses d'érosion et de dépôt il y avait un rapport sensiblement constant, voisin de 1,4. Hjulström a eu le mérite de montrer qu'il n'en allait pas ainsi pour des grains plus fins. Or dans nos mesures granulométriques on trouve *toujours*, pour les sédiments exposés au large et soumis à notre gradient, des diamètres caractéristiques (diamètres critiques, par exemple) inférieurs à 400 μ , et correspondant donc aux branches gauches des courbes de Hjulström.

Comme ces branches divergent fortement et ont des pentes de signes inverses, comme d'autre part les diamètres critiques de nos granulométries varient dans le même sens que les vitesses des courants au large, il ne semble pas que l'on puisse admettre une relation entre nos sédiments et l'érosion par les courants du large, alors qu'une telle relation objective avec le maintien en suspension dans ces courants n'est pas impossible.

Il est difficile d'aller plus loin, les vitesses maximales de ces courants étant évidemment d'un ordre de grandeur tout autre que les vitesses de dépôt de nos sédiments, calculées d'après Hjulström. On peut cependant les comparer sur deux exemples. Pour un diamètre critique de 100 μ , la vitesse limite de dépôt est d'après Hjulström 10 mm/s, soit 0,02 nœud, et pour un diamètre critique de 300 μ elle est de 25 mm/s, soit 0,05 nœud. Les vitesses indiquées pour les courants correspondants au large sont de l'ordre de 0,5 à 1 nœud d'une part et, de l'autre, de 2,5 à 4 nœuds. Les rapports sont dans un cas 25 à 50 et, dans l'autre, 50 à 80. On n'est pas très loin d'une proportionnalité et l'accord est suffisant pour ne pas exclure une relation entre les conditions de dépôt sur les plages ouvertes, où les diamètres critiques extrêmes sont à peu près 100 et 300 μ et les conditions de transport (et non pas d'érosion) pour les courants du large.

Bien que les recherches de Boillot (1960 et 1961) sur les fonds de la Manche occidentale et spécialement les parages de Roscoff reposent sur des techniques trop différentes des nôtres pour y être directement raccordées au niveau des plus basses mers, elles permettent d'intéressants recouplements.

Boillot reconnaît tout d'abord, à quelques milles des côtes, l'existence d'une zone à peu près constante de cailloutis, balayée

par des courants de marée dont la vitesse superficielle est 2,5 nœuds au moins, au maximum de vive eau, si bien que les galets qui la garnissent sont à peu près purs de sable ou de graviers. Cette zone est bordée vers le sud de zones successives de graviers et de sables, de finesse granulométrique croissante.

Elle envoie aussi, vers le sud, des digitations « en doigt de gant » qui, dit l'auteur, correspondent à des digitations du courant. Sur la carte tracée en 1960, qui malheureusement n'atteint pas la baie de Lannion, on reconnaît trois de ces digitations, dont les deux plus importantes sont orientées N.-E. - S.-W., l'une vers la baie de Goulven, l'autre vers celle de Siec, c'est-à-dire vers deux des points singuliers reconnus à la fois dans la sédimentation intertidale et dans la distribution des courants. L'accord est bon, surtout si l'on remarque que la vitesse maximale de 2,5 nœuds, admise par Boillot comme caractéristique de sa zone de cailloutis, l'est aussi pour distinguer nos régimes granulométriques régionaux, dans la Manche comme dans l'Atlantique. Invoquant, en outre, les quelques remarques faites plus haut à partir des courbes de Hjulström, on peut supposer que les matériaux charriés au long des zones de cailloutis y restent en suspension (sauf pour les plus gros d'entre eux, pendant les périodes de morte eau) ; que dans cet état de suspension ils sont entraînés vers la côte par d'autres facteurs hydrodynamiques à préciser et subissant une décantation, jusqu'à ce que se déposent, dans la zone des marées, ceux d'entre eux que pourrait maintenir en suspension un courant de vitesse 50 fois plus faible, environ, que celle du courant initial.

Il semble donc bien que les courants de marée du large contribuent à régler la distribution des granulométries sur les plages bretonnes exposées et lui dictent dans la Manche une certaine périodicité. Mais cette constatation pose des problèmes nouveaux, en elle-même et aussi par confrontation avec les données que l'on a sur les fonds.

a) On reconnaît généralement une grande analogie granulométrique, en chaque point de la côte, entre la plage (surtout la haute plage) et la dune adjacente, s'il y en a une. Par quelles actions la périodicité délicate que les courants du large imposent aux plages se répercute-t-elle donc aussi sur les dunes ?

b) Les courants de marée du large étant essentiellement alternatifs sur les côtes bretonnes de la Manche, on peut se demander aussi d'où vient l'orientation constante ouest-est du gradient de finesse granulométrique dans chacune des trois séries de plages que nous avons reconnues : est-ce uniquement de la perte de vitesse du courant dans chacune de ces séries, ou bien l'orientation de la houle et des vents joue-t-elle aussi un rôle dans le phénomène ?

c) Comment se fait-il encore que la topographie du rivage intervienne relativement peu dans l'établissement de ces gradients granulométriques et que ceux-ci soient aussi réguliers dans des baies relativement restreintes, comme celles de Goulven ou de Siec, qu'au long des côtes battues qui s'étendent de Batz à Locquirec ?

d) Quels sont, enfin, les facteurs concrets de l'influence des courants du large sur les plages ? Que se passe-t-il, quant au transport

des matériaux, dans la zone du « prisme littoral », c'est-à-dire, suivant Boillot, entre la côte et la zone des cailloutis, soit sur quelques milles de distance et 30 à 50 m de dénivellation ? Boillot a mis nettement en évidence, dans la région de Roscoff et plus spécialement dans la baie de Siec, l'opposition entre les sédiments littoraux, terrigènes et surtout quartzeux et ceux du large, biogènes et très calcaires. Il a fait voir qu'ils sont séparés assez exactement par la zone des cailloutis, qui est aussi celle des courants. Nous voyons ici, pourtant, que cette zone n'est pas sans action sur la sédimentation des plages. Peut-être concilierait-on les deux séries de données en admettant que les sédiments des deux types de Boillot, se rencontrant par dispersion dans la zone des courants, y sont vannés à des vitesses qui, suivant les lieux, les jours et les heures, peuvent varier de 0 à 4 noeuds environ. Il en résulte, comme l'a bien vu Boillot, le nettoyage presque complet des cailloutis et le dépôt, des deux côtés de cette zone, d'éléments de moins en moins grossiers à mesure qu'on s'en éloigne ; mais il en résulte aussi la mise en suspension très durable d'éléments beaucoup plus fins : notamment, de ceux dont le diamètre est inférieur à 300μ , susceptibles de rester en suspension jusqu'à des vitesses 50 fois plus faibles. Le contraste, démontré par Boillot, concerne donc bien le sédiment en place, sujet à des déplacements par roulement ou traction, déplacements relativement limités dans la zone accidentée et de pente assez forte qui est celle du prisme littoral. Mais il n'intéresserait pas les portions fines qui passeraient directement en suspension par-dessus la plus grande partie du « prisme littoral » et constituerait l'essentiel du sédiment fin ou très fin des plages bretonnes exposées au large.

Cette discussion montre d'ailleurs à quel point il serait imprudent d'en étendre les résultats à d'autres côtes où les types de granulométries peuvent être différents et autrement distribués, du fait de conditions topographiques et hydrographiques d'un autre type.

Summary

Applying the method of granulometric representation with the number of grains, the author shows that the studied shores of Brittany are divided into two categories, according to the regime of the near by marine currents. In the regions with gyroscopic marine currents and maximum speeds under 1,5 knot (from the Atlantic coast of Quiberon to Saint Mathieu's foreland), the granulometries are very fine, the critical abscissa (close to the maximum of the ponderal curves) being comprised between 80 and 125μ . In the regions with alternative and parallel to the coast marine currents, the maximum speeds of which run over 2 knots (Chenal du Four, and coast of the Channel), the granulometries, less fine generally, are distributed with a certain periodical regularity. We know thus three of the regular systems. In each of them the critical abscissa varies from West to East from 300μ to 80μ , from Brignogan to the bay of Plouescat; from Kerfissien to the bay of Santec, from the island of Batz to the bay of Lannion. Each one of these three bays, where the sedimentation is a fine as on the Atlantic shores of Brittany, correspond to an anomaly of the marine currents, which are there more or less gyroscopic and of a lighter speed. Each one is followed with a projecting rock which separates the two consecutive systems, and from where the granulometries of the scarce sandy sediments are rough and irregularly distributed. Apart from these particular projecting rocks and bays, the seriation of the granulometries appears to be widely independant from the topography of the coast and the nature of the overhanging rocks, and seems to express, first of all, the regime of the currents at large, the influence of the waves and dominating winds being secondarily interesting, and the influence of the coast showing mostly through the local conditions. An interpretation of these facts is proposed for the coast of Brittany studied in the preceding articles, and briefly discussed.

Zusammenfassung

Der Autor zeigt mit Hilfe der granulometrischen Darstellung der Körner, dass die untersuchten bretonischen Küsten sich je nach der Art der benachbarten Gezeitenströmungen in zwei Kategorien einteilen lassen. In Gegenden mit kreisenden Gezeitenströmungen, deren Maximalgeschwindigkeit 1,5 Knoten nicht überschreitet (atlantische Küste von Quiberon bis zur Landspitze von Saint-Mathieu), sind die Strandpartikel sehr feinkörnig, die kritische Abszisse (nahe beim Maximum der Gewichtskurven) liegt zwischen 80 und 125 μ . In Gegenden mit alternativen, parallel zur Küste verlaufenden Gezeitenströmungen, deren Maximalgeschwindigkeit 2 Knoten überschreitet (Chenal du Four und Küste des Aermelkanals), sind die Korngrößen mit einer gewissen periodischen Regelmässigkeit verteilt und im allgemeinen größer. Drei dieser regelmässigen Systeme sind verfolgt worden, deren kritische Abszisse von Westen nach Osten von 300 bis 80 μ variiert: von Brignogan bis zur Bucht von Plouescat, von Kerfissien bis zur Bucht von Santee und von der Insel Batz bis zur Bucht von Lannion. Jede dieser drei Buchten, in denen die Sedimentation ebenso fein ist, wie an den bretonischen Küsten des Atlantik, entspricht einer Anomalie der Gezeitenströmungen, die dort eine geringere Geschwindigkeit haben und in Kreisbewegungen verlaufen. Jede der drei Buchten ist im Nord-Osten von einem Felsvorsprung begrenzt, der die beiden folgenden Systeme trennt und wo die selten auftretenden Sandsedimente grobkörnig und unregelmässig verteilt sind. Ausser diesen Felsvorsprüngen und diesen speziellen Buchten scheint die Aufeinanderfolge der Granulometrien weitgehend unabhängig zu sein von der Topographie der Küste und von der Natur der sie umgebenden Felsen, und scheint in erster Linie ein Ausdruck der in offener See herrschenden Meeresströmungen zu sein, wobei der Einfluss der Wellen und der vorherrschenden Winde nur sekundär interveniert und derjenige der Küste sich vor allem durch lokale Nuancen ausdrückt. Es wird für die untersuchten bretonischen Küsten eine Deutung dieser Begunde vorgeschlagen und kurz diskutiert.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- SERVICE HYDROGRAPHIQUE DE LA MARINE. — Cartes côtes Nord de la France: de l'Île Grande aux Héaux; de l'Île de Batz aux Sept-Îles; de Pontusval à l'Île de Batz; des rochers de Porsal à Pontusval.
 Cartes côtes Ouest de la France: de Porsal à la Pointe Saint-Mathieu; de la Pointe de Corson au Cap de la Chèvre; de Lorient à Belle-Île et à Quiberon.
- SERVICE HYDROGRAPHIQUE DE LA MARINE. — Courants de marée dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique. Paris, 1953, 276 pp., plus cartes et corrections.
- BATTESTINI, R., 1953. — Le littoral septentrional du Léon: principaux problèmes morphologiques. *Bull. Ass. Géogr. France*, 223-224, pp. 58-71, 4 fig., mars-avril 1953.
- BATTESTINI, R., 1954. — Description du relief des formations quaternaires du littoral breton entre l'Aber-Benoît et la baie de Goulven (Finistère). *Comité Central d'Organisation et d'Etude des Côtes (C.O.E.C.)*, *Bull. Inform.* VI^e année, 3, pp. 119-132, 10 pl.
- BLOIS, J.-C., FRANCAZ, J.-M., GAUDICHON, M. et S. et LE BLOIS, L., 1961. — Observations sur les herbiers à Zostères de la région de Roscoff. *Cah. Biol. Mar.*, II, 3, pp. 223-262.
- BOBIN, G. et PRENANT, M., 1960. — *Electra verticillata* (Ellis et Solander, 1786), Lamouroux 1816 (Bryozaire Chilostome). *Cah. Biol. Mar.*, I, pp. 121-156, 1 pl., 11 fig.
- BOILLOT, G., 1960. — La répartition des fonds sous-marins au large de Roscoff (Finistère). *Cah. Biol. Mar.*, I, 1, pp. 3-23, 1 carte, 7 fig.
- BOILLOT, G., 1961. — La répartition des sédiments en baie de Morlaix et en baie de Siec. *Cah. Biol. Mar.*, II, 1, pp. 53-66, 1 carte, 8 fig.
- BOILLOT, G., 1961. — La répartition des fonds sous-marins dans la Manche occidentale. *Cah. Biol. Mar.*, II, 2, pp. 187-208, 9 fig.

- BOURCART, J., 1948. — Le Quaternaire des grèves de Roscoff (Finistère). *Bull. Soc. Géol. France*, XVIII, pp 181-187.
- CABIOCH, L., 1961. — Etude de la répartition des peuplements benthiques au large de Roscoff. *Cah. Biol. Mar.*, II, 1, pp 1-40, 1 carte, 2 fig.
- HJULLSTROM, F., 1935. — Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyns. *Bull. Geol. Instit. Univ. Upsala*, XXV, 1934-35, pp 221-527, pl. VI-VIII, 51 fig.
- PERPILLON, A., 1954. — La morphologie des côtes du Léon. *Centre Docum. Cartogr. et Géog. C.N.R.S. Mémoires et Documents*, IV, pp 203-237.
- PRENANT, M., 1932. — Etudes de bionomie intercotidale. La baie et la pointe de Quiberon. *Trav. Stat. Biol. Roscoff*, 10, pp 33-103, 26 fig.
- PRENANT, M., 1939. — Etudes de bionomie intercotidale. La baie de Douarnenez et ses abords. *Bull. Biol. France et Belgique*, 73, pp 451-476.
- PRENANT, M., 1955. — Position des maxima caractéristiques dans les graphiques granulométriques de fréquence établis pour les sables de la zone des marées sur les côtes bretonnes. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 241, pp 1062-1065.
- PRENANT, M., 1958. — Ecologie des sables intercotidaux et traduction approximative des données granulométriques en nombre de grains. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 246, pp 1582-1585.
- PRENANT, M., 1960. — Etudes écologiques sur les sables intercotidaux. Question de méthode granulométrique. Application à trois anses de la baie de Quiberon. *Cah. Biol. Mar.*, I, 3, pp 295-340, 10 fig.
- PRENANT, M., 1961. — Faune des plages marines et granulométrie des sédiments. *Bull. Soc. Zool. France*, 86, pp 412-424, 6 fig.
- RENAUD-DEBYSER, J., 1963. — Recherches sur la faune interstitielle des sables (Bassin d'Arcachon, île de Bimini, Bahamas). Suppl 15 *Vie et Milieu*, 157 pp., 72 fig., 6 pl.
- RENAUD-DEBYSER, J. et SALVAT, B., 1963. — Ecologie des sédiments meubles intercotidaux, peuplements en microfaune et macrofaune. 16^e *Congrès Intern. Zool. Washington (sous presse)*.
- VOVELLE, J., 1958. — Remarques sur la structure du tube de *Sabellaria alveolata* (L.) et les formations glandulaires impliquées dans son édification. *Arch. Zool. Expér. Gén.* 95, N. et R. pp 52-68, 10 fig.