

CONVENTION RÉGION NORD - PAS-DE-CALAIS/IFREMER  
PROGRAMME ENVIRONNEMENT

TRANSFERTS SÉDIMENTAIRES LITTORAUX ET INFRALITTORAUX

LE LONG DES CÔTES DU NORD - PAS-DE-CALAIS

RAPPORT SCIENTIFIQUE

Responsable scientifique :

**Hervé CHAMLEY**

Intervenants principaux :

**Philippe CLABAUT**

**Stéphane DEWEZ**

Associé :

**Christian BECK**

Laboratoire de Dynamique sédimentaire et structurale  
Université des Sciences et Techniques  
de Lille Flandre-Artois  
59655 Villeneuve d'Ascq cedex

Décembre 1987

## INTRODUCTION

Les travaux qui font l'objet du présent rapport, effectués dans le cadre de la Convention de Coopération entre IFREMER et la Région Nord - Pas-de-Calais, concernent une zone littorale et marine de plus de 1 000 km<sup>2</sup> de superficie.

Celle-ci s'étend de la Baie d'Authie au Sud, au Cap Blanc-Nez au Nord. Elle comprend deux secteurs contigus, dont l'étude a été confiée respectivement à S. DEWEZ (zone Baie d'Authie - Boulogne-sur-Mer) et P. CLABAUT (zone Cap d'Alprech - Cap Blanc-Nez).

Ils ont pour objectifs :

- de définir les modalités du transport sédimentaire, en particulier sur les bancs sableux ;
- quantifier les volumes déplacés ;
- identifier les processus responsables de l'évolution des fonds sous-marins et du trait de côte en Baie de Wissant.

La première étape du travail a consisté en une cartographie fine de la couverture sédimentaire meuble des fonds sous-marins. Elle a abouti à l'édition, en avril 1987, de la "Carte des sédiments superficiels au large de Boulogne-sur-Mer" (C. AUGRIS, P. CLABAUT, S. DEWEZ, J.-P. AUFFRET), sous l'égide de l'IFREMER et de la Région Nord - Pas-de-Calais.

La seconde étape est de définir les principaux traits de la dynamique sédimentaire de la zone (étude de l'orientation des structures sédimentaires) et de quantifier les transports (par traçage radioactif et courantométrie).

Enfin, la vitesse d'évolution de la Baie de Wissant est abordée par l'analyse de documents anciens.

Ce rapport présente la synthèse des principaux résultats, par ailleurs détaillés et analysés dans les thèses de S. DEWEZ (soutenance le 21 janvier 1988) et P. CLABAUT (soutenance prévue en mars 1988).

## PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DU CADRE D'ETUDE

### I - CADRE GEOGRAPHIQUE

Le domaine étudié se situe dans la zone côtière française du détroit du Pas-de-Calais ; il s'étend depuis la côte jusqu'au rail de navigation\*, de la latitude de la Baie d'Authie (50°23' N) à celle du Cap Blanc-Nez (50°56'N) (fig. 1). Sa largeur maximale est de 14,5 milles nautiques ( $\approx 27$  km) devant la Baie d'Authie et n'excède pas 3 milles (5,5 km) devant le Cap Gris-Nez. Sa superficie totale est de 1 150 Km<sup>2</sup>.

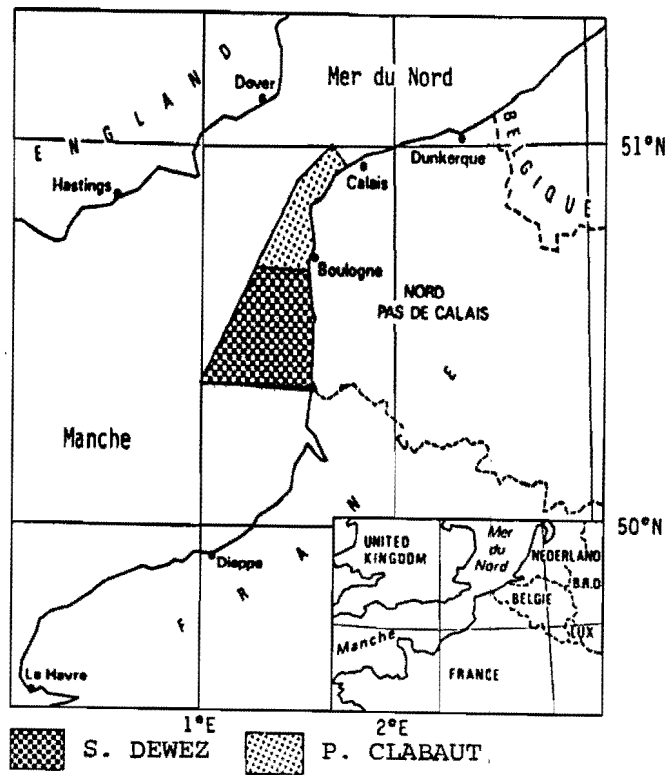


Fig. 1.- Localisation du domaine d'étude.

\* Le rail de navigation est un dispositif de sécurité institué en raison de l'importance du trafic maritime dans le détroit du Pas-de-Calais (500 navires par jour en moyenne). Il permet de séparer le trafic à la manière d'une autoroute.

## II - MORPHOLOGIE D'ENSEMBLE

De la Baie d'Authie au Cap d'Alprech, la côte est essentiellement de nature sableuse, bordée le plus souvent de dunes et échancrée par les estuaires de la Canche et de l'Authie.

Du Cap d'Alprech au Cap Blanc-Nez, par contre, elle est essentiellement rocheuse, à l'exclusion de la Baie de Slack (Ambleteuse) et de la Baie de Wissant, où des massifs ou cordons dunaires se développent.

La hauteur des falaises est généralement importante : elle atteint 50 m au Cap Gris-Nez et 133 m au Cap Blanc-Nez. Le réseau hydrographique se compose de plusieurs rivières à faible débit : la Liane, largement aménagée au niveau du Port de Boulogne, le Wimereux et la Slack, ainsi que des ruisseaux du Chatelet et d'Herlen en Baie de Wissant.

La morphologie sous-marine de la zone d'étude est assez simple : de la côte vers le large, la profondeur augmente lentement, jusqu'à des valeurs de 30-35 m, qui marquent la bordure orientale du chenal du Lobourg.

Les distances de la côte aux isobathes 0 m, 5 m, 10 m, données dans le tableau 1, montrent que la pente moyenne des fonds est faible ( $0,1^\circ$  à  $2,5^\circ$ ) mais peut varier notablement entre deux secteurs voisins. Ces variations sont dues aux zones de haut-fond qui prolongent les falaises littorales (ex. : Cap Gris-Nez), mais surtout à la présence de blancs sableux ou de zones de surcreusement.

Distance de la côte à l'isobathe	0 m (m)	5 m (m)	10 m (m)
Cap Blanc-Nez	400	800	1 200
Cap Gris-Nez	50	200	300
Wimereux	400	900	2 500
Cap d'Alprech	100	250	350
Hardelot-Plage	700	1 200	1 500
Le Touquet	1 000	1 800	3 000
Merlimont-Plage	850	1 400	5 000
Berck-Plage	850	1 600	5 500

Tabl. 1.- Distances de la côte aux isobathes 0, 5 et 10 m en différents points du littoral.

### **a) Les reliefs sableux**

Ce sont les principales structures de ce plan faiblement incliné. Ils peuvent occuper des positions très différentes (fig. 2 et 3) :

- Les bancs du Vergoyer, de la Bassure de Baas et du Battur sont alignés de façon quasiment parallèle aux courants de marée et subissent de ce fait un phénomène de virgation. Orientés NE-SW au Sud, ils s'orientent progressivement suivant une direction presque N-S vers le Nord. Cette courbure est particulièrement nette pour la Bassure de Baas.

La hauteur de ces bancs par rapport au plateau sous-jacent est de 15 à 30 m, leur longueur atteignant 50 km.

- Le Banc à la Ligne est au contraire soudé à la côte, entre le Cap Gris-Nez et Wissant. Son sommet est proche du zéro hydrographique\*.

D'autres reliefs sableux ont été reconnus au cours de cette étude. Ce sont les vagues de sable ou ridins, qui se différencient des bancs par leur orientation perpendiculaire aux courants de marée et leurs dimensions plus réduites. Ces structures se regroupent de plus en vastes champs, au nombre de trois sur le secteur d'étude :

- entre le Vergoyer et la Bassure de Baas, (champ nord) ;
- au Nord-Est du Vergoyer, (champ sud) ;
- entre la Bassure de Baas et le Battur d'une part, et l'isobathe 10 m d'autre part, (champ côtier).

### **b) Les zones surcreusées**

Les zones de surcreusement ou fosses entaillent le substratum sur une profondeur d'environ 15 m. On en dénombre trois dans le secteur d'étude (fig. 2) :

- Une fosse orientée SW-N borde le flanc SE du Vergoyer. Seule sa terminaison nord peut être reconnue sur la zone d'étude (F1).

- La deuxième s'étend perpendiculairement aux bancs, dans le prolongement de l'estuaire de la Canche (F2).

- Immédiatement au Nord de cette dernière, la troisième fosse semble constituer une diverticulation du chenal du Lobourg (F3).

\* Le 0 hydrographique (ou O C.M. : zéro des cartes marines) est le niveau des plus basses mers atteintes pour un coefficient de marée maximal de plus 120. Il correspond

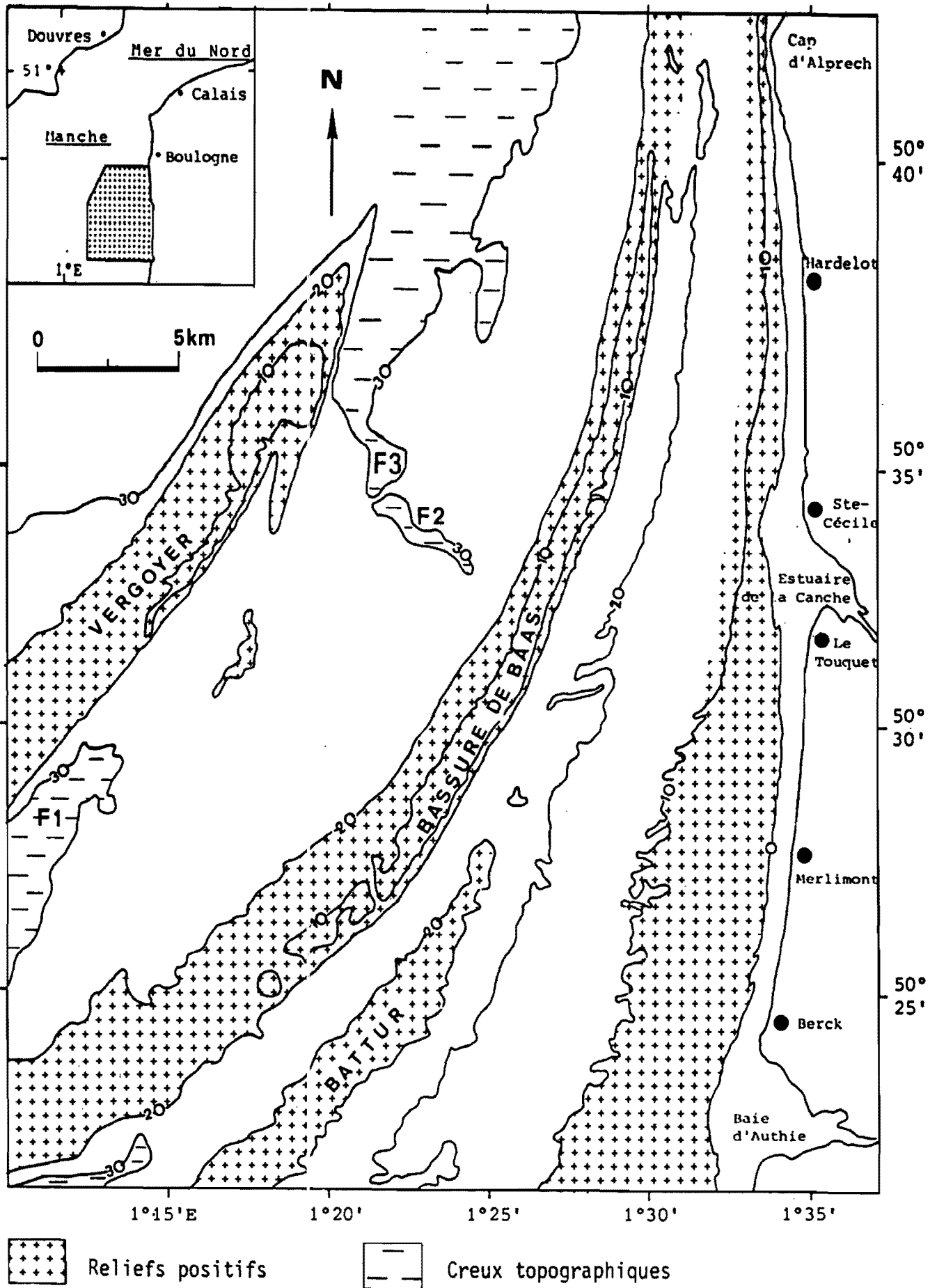
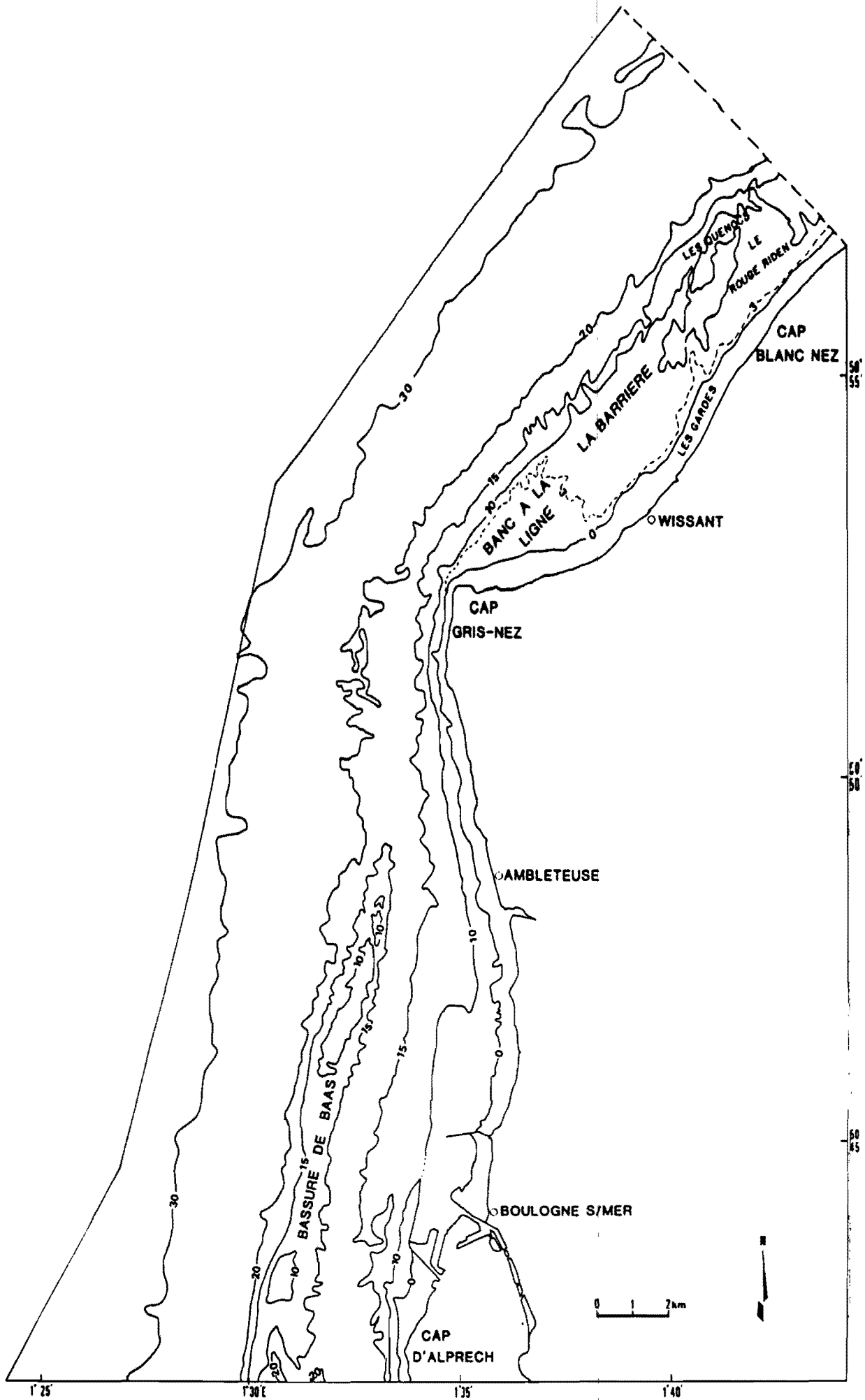


Fig. 2.- Morphologie générale des fonds de la Baie d'Authie au cap d'Alprech.



## DEUXIEME PARTIE : METHODES D'ETUDE

### I - METHODES UTILISEES EN MER

#### 1) Etude de la nature et de la mobilité de la couverture sédimentaire meuble

La principale originalité des travaux réside dans la diversité et la complémentarité des échelles d'observation des fonds : le sonar à balayage latéral a permis une couverture générale complète de notre zone d'étude. Ce sondage bathymétrique, les observations par caméra vidéo ou en plongée et les prélèvements de sédiments ont permis de calibrer et d'affiner les observations.

##### 1.1) Le sonar latéral

###### 1.1.1) Principe et fonctionnement

Le principe réside dans l'émission d'un signal ultra-sonore par deux transducteurs (émetteurs-récepteurs) montés dans un corps fuselé appelé "poisson", remorqué par un navire. Le signal est rétrodiffusé par le fond de la mer avec une intensité dépendant de sa topographie et de sa nature, puis capté par les transducteurs, qui sont connectés à un amplificateur et à un enregistreur.

###### 1.1.2) Caractéristiques principales des sonogrammes

L'intensité de chacune des 16 teintes de gris qui composent le sonogramme est proportionnelle à l'intensité des signaux reçus par les transducteurs et transmis aux électrodes d'impression sous forme d'un courant. Cette intensité des signaux dépend à la fois :

- de la nature des matériaux du fond ; un fond grossier, plus rétrodiffusant qu'un fond sableux, apparaîtra plus sombre sur le sonogramme ;
- de la topographie du fond ; un relief assez accusé (affleurement rocheux, mégaride) donnera une bonne réflexion, mais induira en arrière par rapport au poisson, une zone d'ombre, non enregistrée qui apparaîtra en blanc sur le sonogramme.

Le sonar permet donc de distinguer les contrastes entre les différents sédiments, de préciser les limites de leur répartition sur le fond et d'observer les fissures



### 1.1.3) Application à la cartographie de la zone d'étude

La reconnaissance cartographique de la zone d'étude a été effectuée en 4 étapes successives. Les missions de l'IFREMER ont eu lieu en juillet 1983, avril 1984, août 1985 et septembre 1986. Au total 1 600 km de profils sonar ont été enregistrés (fig. 4), pour une superficie de 1 150 km<sup>2</sup>. A l'exception du domaine situé au large de la Baie de Wissant, la zone d'étude n'a pas pu être couverte en mosaïque, c'est-à-dire avec des levés sonar espacés de 200 m et parallèles entre eux. Toutefois, la densité des profils est suffisante pour permettre des corrélations précises. Afin de limiter au maximum les imprécisions, les profils ont été implantés selon deux directions grossièrement perpendiculaires : l'une NNE-SSW, parallèle aux structures, l'autre W-E. En zone côtière, peu profonde et en particulier sur le Banc à la Ligne, le sonar latéral n'a pas pu être utilisé.

### 1.2) La prospection par caméra vidéo

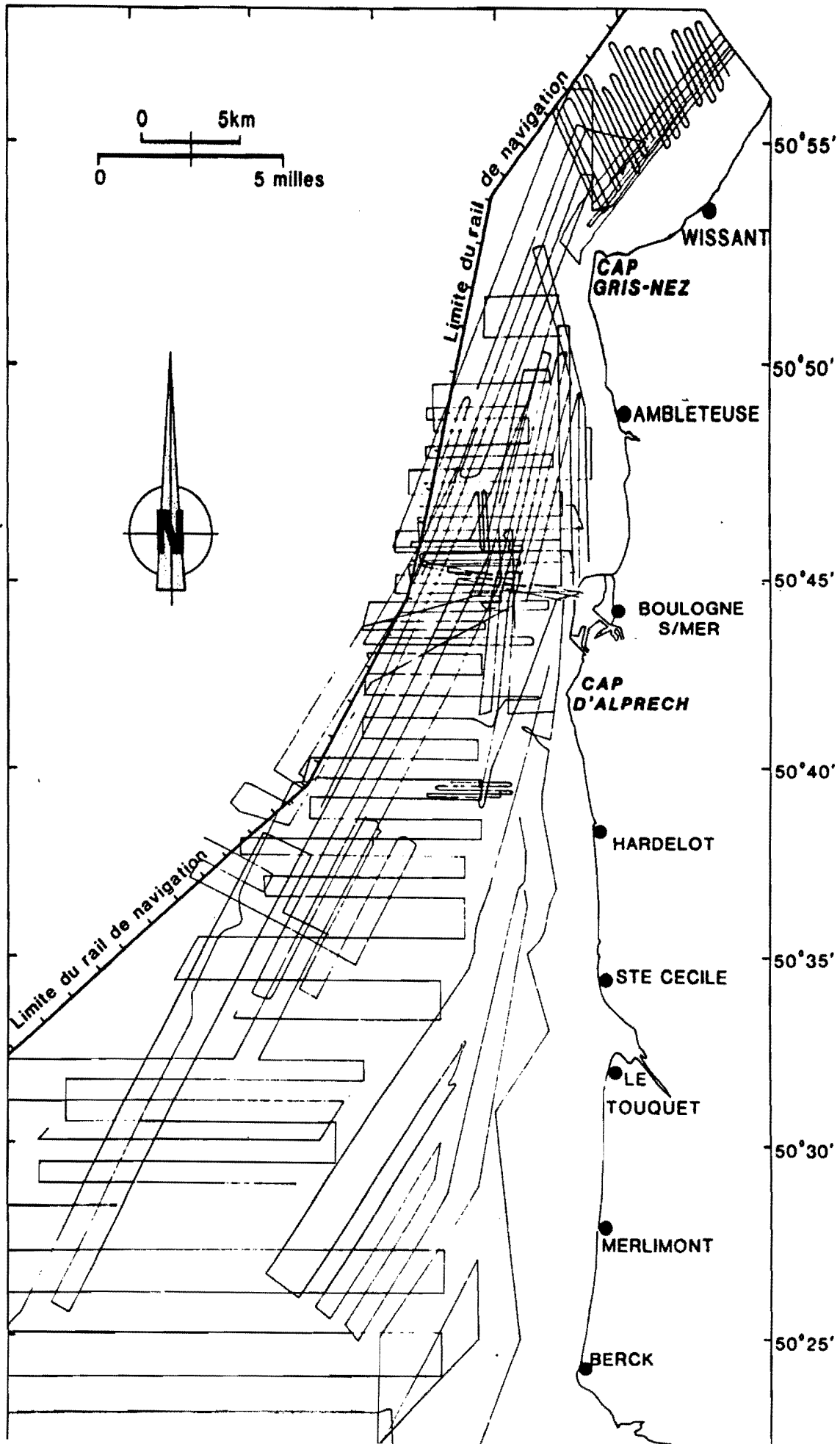
Elle permet une visualisation directe des fonds, à une échelle complémentaire de celle du sonar latéral, beaucoup plus réduite.

L'appareil utilisé, appartenant à la Station Marine de Roscoff, se compose d'un châssis métallique (troïka), sur lequel est fixée une caméra étanche. L'ensemble, remorqué sur le fond à une vitesse de 1 noeud, permet de lever 1,5 km de profil par heure en moyenne. Le champ d'observation a une largeur de 1,5 m pour une **profondeur variable voisine de 2 m lors de cette mission.** La bonne définition de cet appareil en fait un outil particulièrement adapté aux zones où les changements de faciès sont rapides et où l'image sonar est difficile à interpréter. Ainsi, peut-on observer les figures sédimentaires de longueur d'onde décimétrique (ripple-marks), les tris granulométriques et litho-logiques au sein des figures sédimentaires et les communautés biologiques associées. Les routes suivies au cours des 16 heures d'enregistrement sont portées en figures 5 et 6.

### 1.3) Observations et prélèvements en plongée

La plongée autonome autorise des observations très précises sur des structures préalablement reconnues au sonar latéral ou grâce à la caméra vidéo. Malgré le caractère très ponctuel des explorations, les apports de cette technique sont précieux et multiples :

- prises de vues générales et macroscopiques (effectuées par A. Richard) ;



- suivis de déplacements, sous l'action des courants, de sédiments au moyen de marqueurs (brique pilée), ainsi que des structures sédimentaires, grâce à des jalons fichés sur le fond.

Les sites de plongée sont représentés sur les figures 5 et 6

#### 1.4) Prélèvements de sédiments à la benne

Les prélèvements de sédiment permettent de calibrer les sonogrammes en identifiant les faciès acoustiques aux différents faciès sédimentaires. Ceux-ci sont définis par leurs caractéristiques granulométriques et lithologiques (principaux constituants, teneurs en calcaire). 700 échantillons environ ont été collectés dans le secteur étudié (fig. 7) au moyen d'une benne SHIPECK. Cet engin permet d'obtenir un sédiment ponctuel, peu perturbé et non lessivé au cours de la remontée, correspondant à une surface échantillonnée de 4 dm<sup>2</sup>.

Entre les Caps Gris-Nez et Blanc-Nez, l'échantillonnage du domaine compris entre la côte et l'isobathe 20 m (Banc à la Ligne et Barrière) a été effectué à deux reprises (mars et juillet 1985), dans le but d'étudier les variations saisonnières, parallèlement à celles connues sur l'estran (Clabaut, 1984). Il a ensuite été complété en juillet 1986 et février 1987, afin de vérifier les résultats. 180 échantillons au total ont été prélevés. Au large de ce domaine, 50 prélèvements de sédiments grossiers ont été effectués à l'aide de la drague Rallier. L'analyse sédimentologique de ces échantillons fournira une information discontinue, qui superposée aux sonogrammes, donnera une zonation précise des sédiments.

La mobilité de la couverture sédimentaire meuble, abordée par l'interprétation des sonogrammes, et par des observations en plongée et en prospection vidéo a été étudiée par des mesures de courants à proximité immédiate du fond et par un suivi du déplacement de traceurs radioactifs.

#### 1.5) Les mesures de courant

L'ensemble des données disponibles (mesures du SHOM, suivi de flotteurs de l'IFREMER, de l'Institut Pasteur de Lille, au Service Maritime du Port de Boulogne, ...) concernant la tranche d'eau superficielle, il s'est avéré nécessaire d'effectuer des mesures complémentaires à proximité immédiate du fond. Deux types d'appareils ont été utilisés :

- Un courantomètre à lecture directe (Braystoke modèle B.F.M. 008). Celui-ci se compose d'un "poisson" fuselé, pesant environ 15 kg, relié par

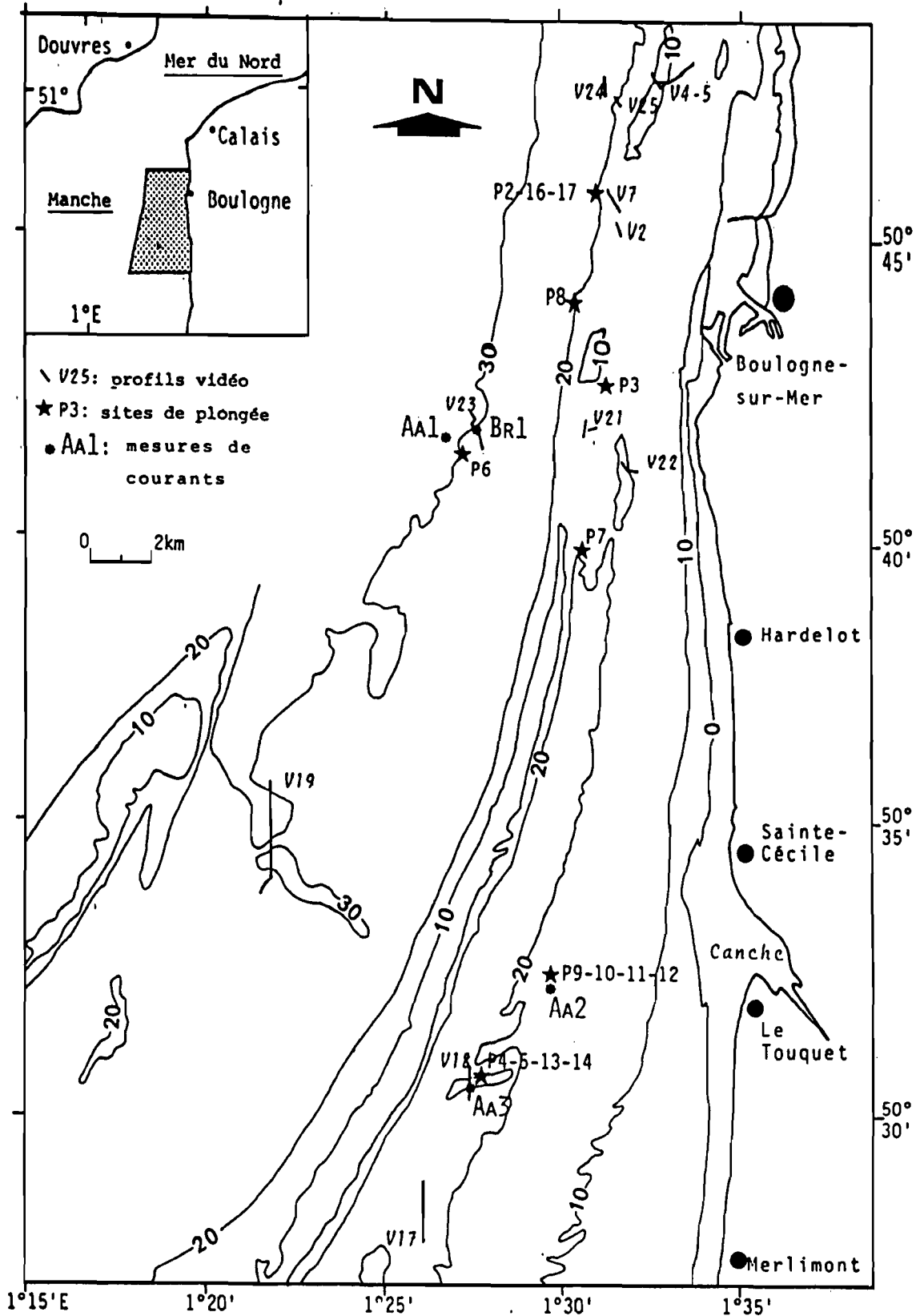


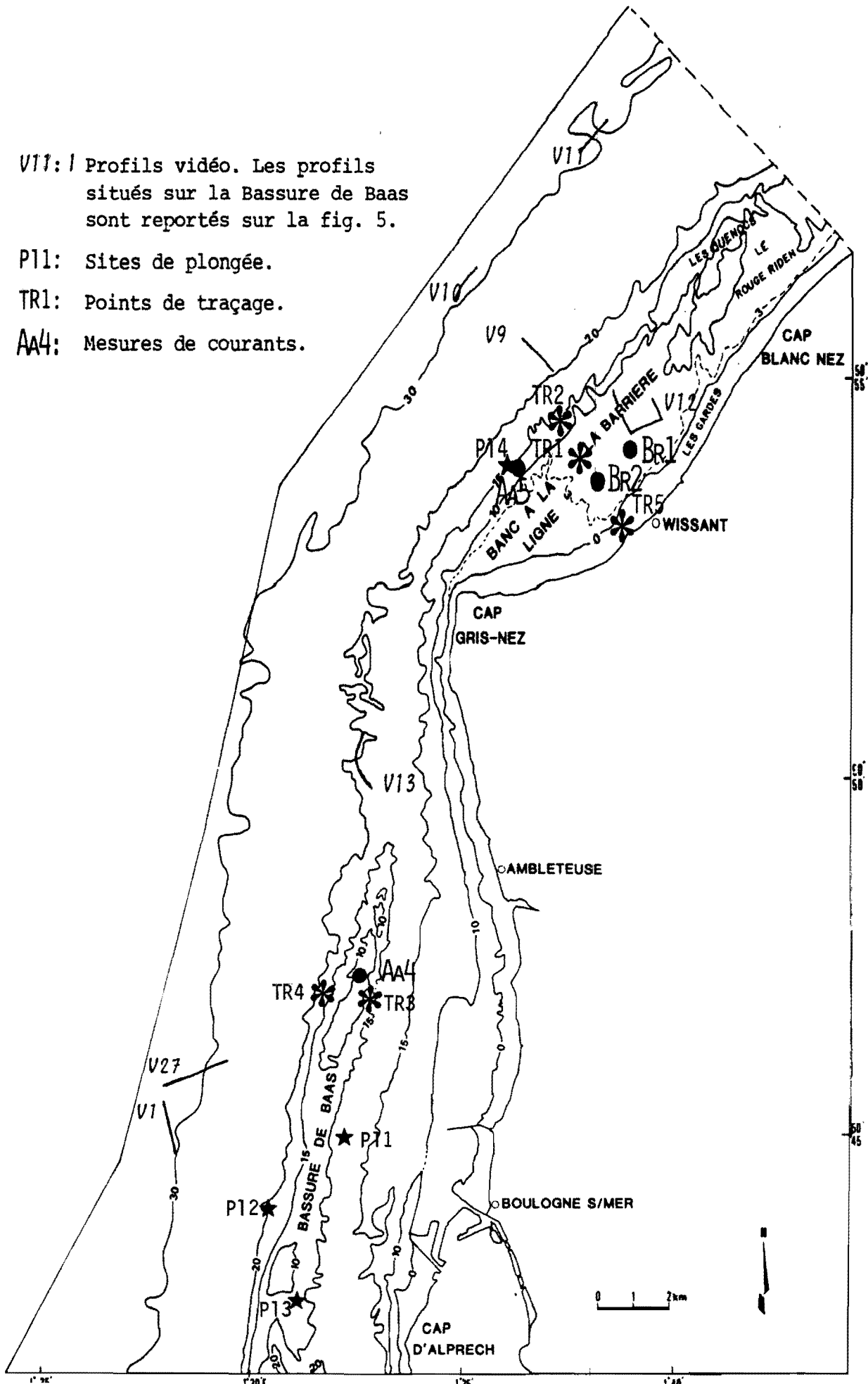
Fig. 5.- Localisation des traits de caméra vidéo, des sites de plongée

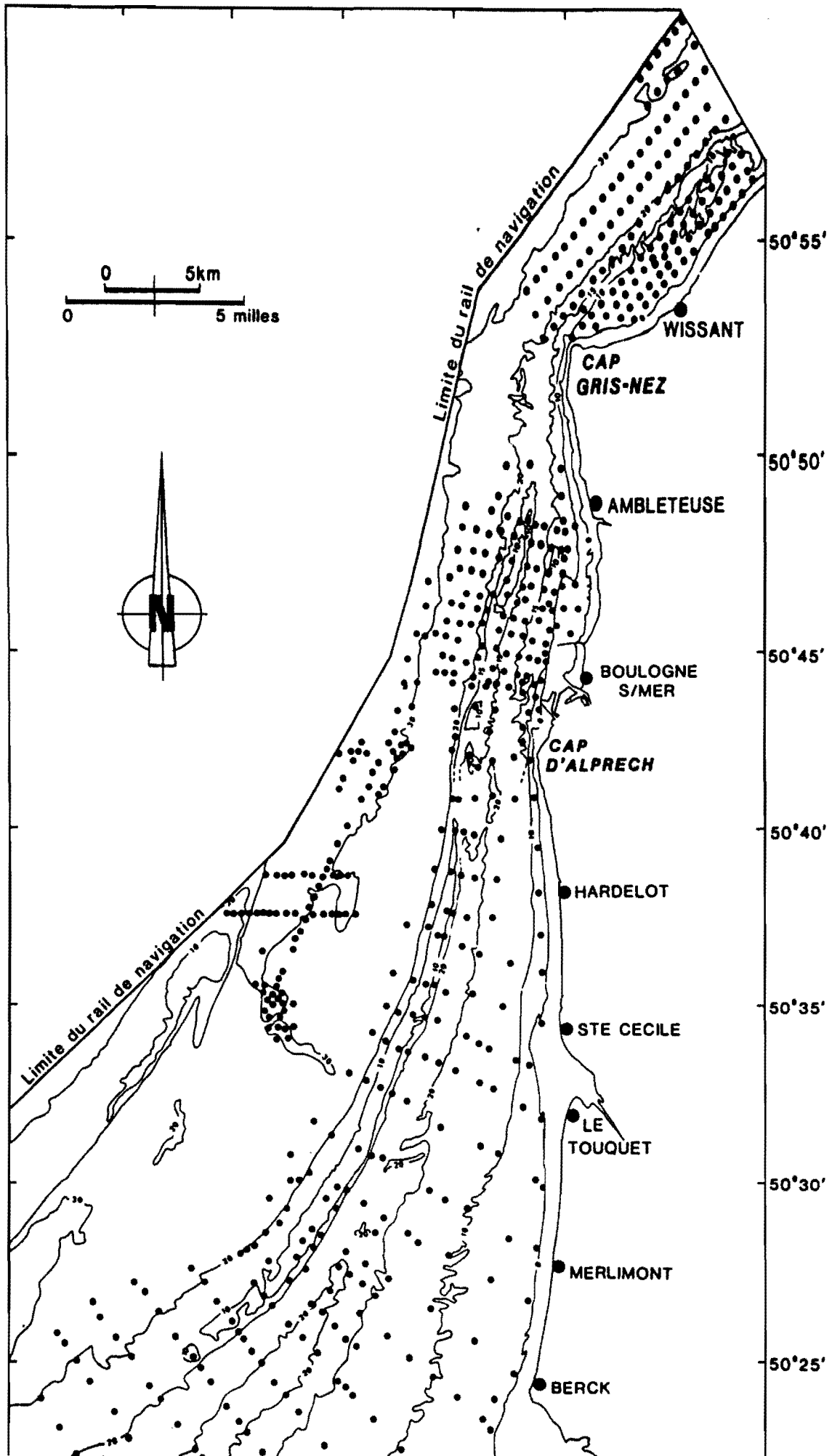
V11: 1 Profils vidéo. Les profils situés sur la Bassure de Baas sont reportés sur la fig. 5.

P11: Sites de plongée.

TR1: Points de traçage.

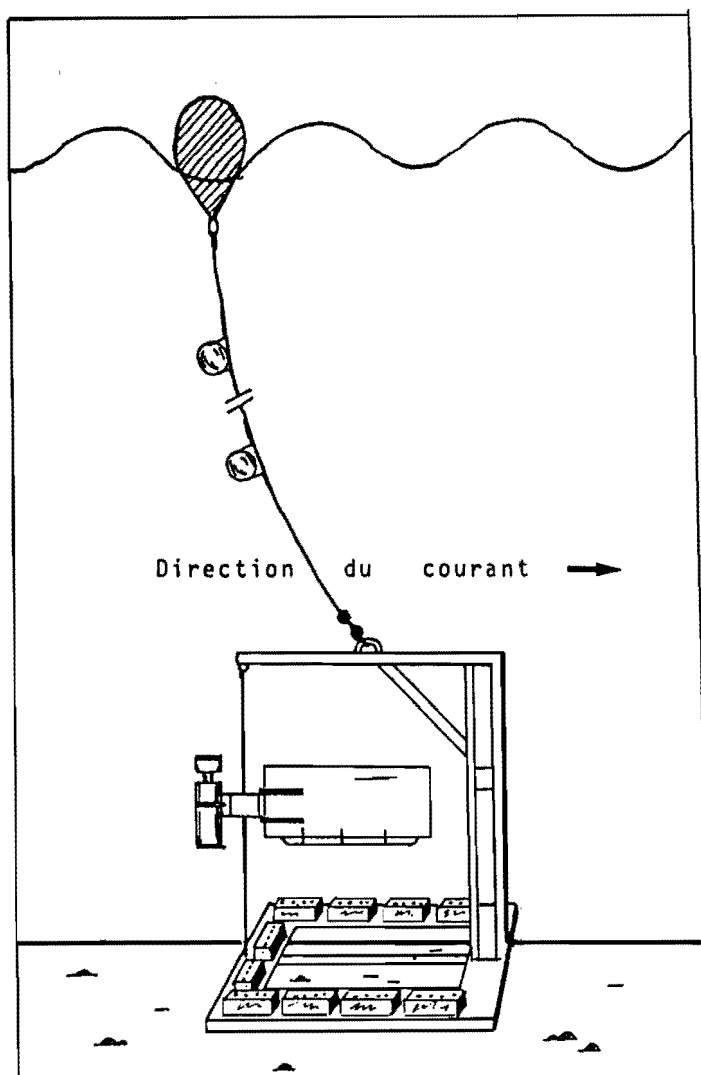
AA4: Mesures de courants.





Le "poisson" muni d'une hélice et d'un compas, permet de mesurer la vitesse et la direction du courant. Les indications, transmises en temps réel, s'affichent sur le boîtier sous forme d'un nombre de tours d'hélice par unité de temps et d'un cap. Quand l'intensité du courant devient trop forte, un poids additionnel de 28 kg est fixé au courantomètre, afin de maintenir celui-ci à l'aplomb du navire. Ce système, relativement léger, mais nécessitant la présence d'un navire pendant toute la durée des mesures a été seulement utilisé en baie de Wissant, où la faible profondeur ne permet pas l'utilisation du second type d'appareil décrit ci-dessous.

- Le courantomètre enregistreur Aanderaa type R.C.M. 4 a été utilisé, d'après les conseils de P. Bassoulet et J. L'Hyavanc (IFREMER, Brest) à des profondeurs voisines de 20 m, hors de la zone d'action importante des houles. Ce type d'appareil (fig. 8) est fixé à une potence en aluminium AG<sub>4</sub>. L'ensemble, posé sur le fond, et maintenu en place par un lest de 200 kg est marqué en surface par une bouée. Ce type de mouillage (fig. 8) est couramment utilisé par IFREMER (L'Hyavanc, 1983).



Le courantomètre se compose d'un boîtier étanche, contenant l'appareillage électronique (compas, sonde thermique, système de mesure de la vitesse, minuterie et de stockage des données sur bande magnétique) et d'un aileron qui s'oriente dans l'axe du courant. L'ensemble, relié par l'intermédiaire d'un cardan peut pivoter librement autour de son axe support. L'appareillage électronique, autonome, alimenté par une pile de 9 volts, réalise à intervalle régulier (ici 15 mn) l'acquisition de la vitesse et de la direction du courant, ainsi que de la température. Le dépouillement et le traitement des données sont effectués apr le Département Assistance et Traitement des Données de l'IFREMER - Brest ; 20 cycles courantologiques de 13 h ont été enregistrés au total.

### 1.5) Le traçage radioactif

#### 1.5.1) Principe

La technique des traceurs radioactifs consiste à introduire dans le milieu des matériaux aisément détectables ayant même comportement hydrodynamique que le sédiment naturel. Le traceur doit donc avoir les mêmes caractéristiques (taille des grains, densité, ...) que le sédiment auquel il est incorporé. Elle permet de déterminer les directions et modalités du transport (charriage, suspension ...) et de quantifier les vitesses de déplacement, le débit solide et le taux de dilution du sédiment.

#### 1.5.2) Le traceur

Outre les critères de granulométrie et de densité, le traceur employé doit avoir une durée de vie supérieure à la durée de l'expérience, tout en étant limitée pour ne pas contaminer inutilement le site. Dans notre cas, le traceur utilisé est l'iridium 192 (Ir 192) de période 74 jours. L'activité à chaque point d'immersion étant de 1 curie, celle-ci sera, en principe, de 0,5 curie 74 jours plus tard. La quantité de traceur immergée par point est faible, de l'ordre de 0,25 à 0,5 kg de verre broyé et "marqué" à l'iridium. La densité de ce verre est environ de 2,70. La masse et l'activité du traceur doivent être minimales pour des raisons évidentes de radioprotection et de facilité d'utilisation, mais aussi pour que le traceur s'incorpore bien à la masse du sédiment en mouvement. Cependant, cette masse doit être suffisante pour que le nombre de grains radioactifs détectés par la sonde soit représentatif du transport.



### 1.5.3) Les immersions

Elles sont conduites de telle sorte que les particules radioactives déposées sur les fonds forment une couche de faible épaisseur, de manière à ne pas modifier localement les forces existantes. De plus, il est souhaitable que le nuage soit suffisamment grand (quelques centaines de m<sup>2</sup>) pour être aisément détecté. En pratique, les immersions doivent se faire en période de faible courant, au voisinage de l'étale. La mise en place du traceur est immédiatement contrôlée par une détection. Cinq immersions ont été réalisées : 2 sur le banc de la Bassure de Baas au Nord de Boulogne ; 2 sur le Banc à la Ligne et au pied de celui-ci ; et 1 sur l'estran de Wissant (fig. 6).

### 1.5.4) Les détections

L'ensemble de mesures est formé par :

- Une sonde marine à scintillations fixée sur un traîneau remorqué par une vedette à une vitesse de 2 à 4 noeuds ;
- La sonde est reliée par un câble électro-porteur à des ensembles de mesures numériques et analogiques. La chaîne de mesure est double de façon à estimer soit les très faibles activités proches de la radioactivité naturelle, soit les très fortes activités situées au point d'immersion et dans ses environs.

Le bateau chargé des mesures traverse la zone active selon des trajectoires rectilignes et perpendiculaires à la direction moyenne du transit sédimentaire. La position du bateau est relevée chaque minute et reportée immédiatement sur une carte. Simultanément les signaux radioactifs mesurés sont également reportés sur cette carte. Cette démarche en temps réel est très précieuse car elle permet de décider immédiatement des trajets du bateau et de ne pas laisser dans l'ombre des zones radioactives non détectées, ce qui est particulièrement important pour établir le bilan de radioactivité retrouvée par rapport à celle immergée. Des prospections périodiques permettent d'observer l'évolution dans l'espace et dans le temps du nuage déterminé par les particules marquées.

### 1.5.5) Présentation des résultats

Pour chaque détection les résultats se présentent sous la forme :

- des réseaux de courbes isochocs qui se prêtent aisément à une exploitation descriptive, mais qui ne permettent pas d'estimer la quantité transportée à une distance donnée du point d'immersion ;

. Pour le transport en charriage, l'objectif est de mesurer le débit volumique par unité de section et de temps.

. L'épaisseur du transport sédimentaire E est calculée par la méthode du bilan de taux de comptage (Sauzay, 1968 ; Courtois et Sauzay, 1966).

. La vitesse moyenne de propagation V dans une direction donnée est déterminée par le déplacement du centre de gravité du nuage formé par le traceur entre 2 détections successives.

On obtient ainsi la (ou les) directions du mouvement sédimentaire, les vitesses maximales et moyennes des déplacements horizontaux, la quantité de sédiments transportés par charriage, le recouvrement éventuel des sédiments marqués et les remises en suspension occasionnelles. Les résultats obtenus représentent la somme de toutes les forces ayant eu une action sur le sédiment marqué pendant toute la durée de l'étude. Ils prennent en compte des effets inconnus ou négligés dans les modèles physiques et lors des calculs à l'aide de formules de transport.

## **2) Etude de la répartition verticale des sédiments**

Elle a été abordée par deux techniques complémentaires: sismique-réflexion et vibrocarottage, mises en oeuvre par IFREMER lors des missions d'avril 1984 et août 1985 du programme GRANOR (cf. rapport IFREMER/Région, décembre 1986).

## II - AU LABORATOIRE

### 1) Le dépouillement des sonogrammes

Le stockage sur disquette des données de navigation (vitesse, cap du navire) et de positionnement permet le tracé automatique d'une "carte des routes", à l'échelle de la carte marine par exemple. Ce document, établi à l'IFREMER-Brest, donne la position des profils levés à l'aide du sonar latéral dans une zone donnée, ainsi que la position du navire à un intervalle régulier de 5 mn. Ces mêmes repères horaires figurent aussi sur les sonogrammes et sur les profils bathymétriques levés simultanément. Le dépouillement qui s'effectue par report des informations données par le sonogramme à l'échelle du 1/1 000 et le levé bathymétrique sur la carte des routes à l'échelle du 1/43 400, impose donc une forte réduction. Cette réduction autorise à négliger les imprécisions liées au décalage entre les positions du "poisson" et du navire, ainsi que celles liées aux interpolations entre des profils non jointifs. Elle induit une perte des détails morphologiques qui justifie le dépouillement de certaines zones à une échelle intermédiaire (1/10 000).

### 2) Analyses sédimentologiques

Chacun des 700 échantillons ramenés au laboratoire a subi :

- une analyse granulométrique du sédiment naturel non décarbonaté ;
- un dosage des carbonates.

#### 2.1) Analyse granulométrique

Après séchage à 40° C, 100 g de sédiment de taille inférieure à 2 cm sont tamisés sous l'eau, sur un tamis de maille 63  $\mu$ m. Après séchage, les sables et graviers (63  $\mu$ m à 2 cm) sont tamisés sur une colonne vibrante munie de tamis de type AFNOR. La fraction fine (< 63  $\mu$ m), lorsqu'elle était suffisamment abondante dans l'échantillon (au moins 5 %) a été étudiée à l'aide du Sedigraph 5 000 D, analyseur automatique de dimension des particules. Les résultats se présentent sous forme de courbes cumulatives semi-logarithmiques (Calatayud, 1981).

#### 2.2) Calcimétrie

Les valeurs obtenues sont corrigées en fonction des conditions de température et de pression.

Un nombre limite d'échantillons a fait l'objet d'autres analyses :

- minéralogie des argiles par diffraction des rayons X, selon les techniques décrites par Holtzapffel (1986) ;

- dosage du carbone organique et du soufre à l'aide de l'analyseur LECO CS 125 ;

- analyse pollinique.

### **3) Le traitement des données**

Grâce aux programmes établis par J. Patouillard et S. Dewez, un stockage de l'ensemble des données (granulométriques et calcimétriques) sous forme de fichiers, ainsi que différents traitements ont pu être effectués. Ce sont principalement :

- tracé automatique sur imprimante et table traçante des histogrammes et des courbes cumulatives lissées ;

- calcul des paramètres de position (percentiles, médiane, grain moyen, mode ...) et de dispersion (indices de classement et d'asymétrie, ...) ;

- tracé des diagrammes binaires et ternaires à partir des paramètres calculés. Ceci permet de définir des indices d'évolution relatifs à des groupes d'échantillons, en fonction de la profondeur ou de la distance à la côte, par exemple.

### **4) Etude des documents anciens**

L'analyse des minutes bathymétriques levées par le SHOM en 1911 (Baie de Wissant) et 1934 (Boulogne - Cap Gris-Nez) et la comparaison avec celles de 1975 ont permis d'évaluer la vitesse de déplacement de certains bancs sableux.

### III - LES MISSIONS EFFECTUEES

a) Du 1er au 5 septembre 1986 (N/O PLUTEUS II), des levés à l'aide du sonar à balayage latéral de l'IFREMER ont complété les travaux réalisés lors des missions du programme GRANOR.

Les données recueillies ont permis d'achever la cartographie des formations superficielles de la zone d'étude, et ont abouti à l'édition de la "Carte des sédiments superficiels au large de Boulogne-sur-Mer" (Augris, Clabaut, Dewez, Auffret, avril 1987), cofinancée par l'IFREMER et la Région Nord - Pas-de-Calais.

b) Du 9 au 14 octobre 1986 (N/O PLUTEUS II), une prospection d'une durée totale de 16 h par caméra vidéo sous-marine (équipement appartenant à la Station Biologique de Roscoff) a permis l'observation directe des différents types de fonds (caillouteux, sableux, rocheux) à une échelle complémentaire de celle du sonar à balayage latéral. 8 plongées ont été effectuées par A. Richard et S. Dewez.

c) Du 10 septembre au 28 novembre 1986 (N/O SEPIA II), les transits sédimentaires sur la Bassure de Baas (Wimereux), le Banc à la Ligne et l'estran de Wissant ont pu être matérialisés et quantifiés grâce à un suivi de traceurs radioactifs ; les principaux résultats de cette étude, effectuée par le CEA/SAR, ont fait l'objet d'un rapport CEA/SAR en octobre 1987.

d) Du 23 au 26 février (N/O SEPIA II), des mesures de courant au voisinage du fond ont été réalisées sur la Bassure de Baas, dans la zone d'immersion des traceurs radioactifs (1 cycle de marée, soit 13 h), en Baie de Wissant (1 cycle de marée). Des prélèvements complémentaires à la benne Shipeck ont été effectués devant le Cap Gris-Nez.

e) Du 13 au 15 mars 1987, les 7 et 8 mai puis le 27 mai (N/O SEPIA II), des mesures courantologiques (3 cycles de marée), ainsi que 6 plongées ont été effectués par A. Richard et S. Dewez dans la zone Cap d'Alprech - Baie d'Authie.

f) Du 9 au 13 juillet 1987 (N/O SEPIA II), des mesures de courants ont été effectuées en Baie de Wissant (8 cycles de marée), simultanément à l'intérieur de la Baie et au pied du Banc à la Ligne.

## TROISIEME PARTIE : RESULTATS

### A) DE LA BAIE D'AUTHIE AU CAP D'ALPRECH

#### I - MORPHOLOGIE DES CORPS SABLEUX

Plusieurs grands types de corps sableux ont été reconnus sur le secteur d'étude. Les apports du sonar latéral et du sondage bathymétrique permettent l'identification de structures de moyenne et grande taille. Par contre les investigations réalisées par caméra vidéo et en plongée autorisent l'observation de figures sédimentaires de plus petite taille. Chacune des structures se caractérise par sa forme et sa taille, ainsi que par son orientation par rapport aux courants de marée.

Il existe trois types de structures perpendiculaires aux courants : ce sont par ordre de taille croissante : les rides, les mégarides et les vagues de sable ou ridins. Les bancs constituent par leurs dimensions des structures de premier ordre et s'orientent parallèlement aux courants de marée, tout comme les rubans qui constituent un mince placage sur un substrat plus grossier, généralement caillouteux. Les taches s'apparentent aux rubans par la faible quantité de sable qu'elles mobilisent et leur présence sur des fonds caillouteux. Mais leur forme est très variable et ne présente pas de direction préférentielle d'allongement.

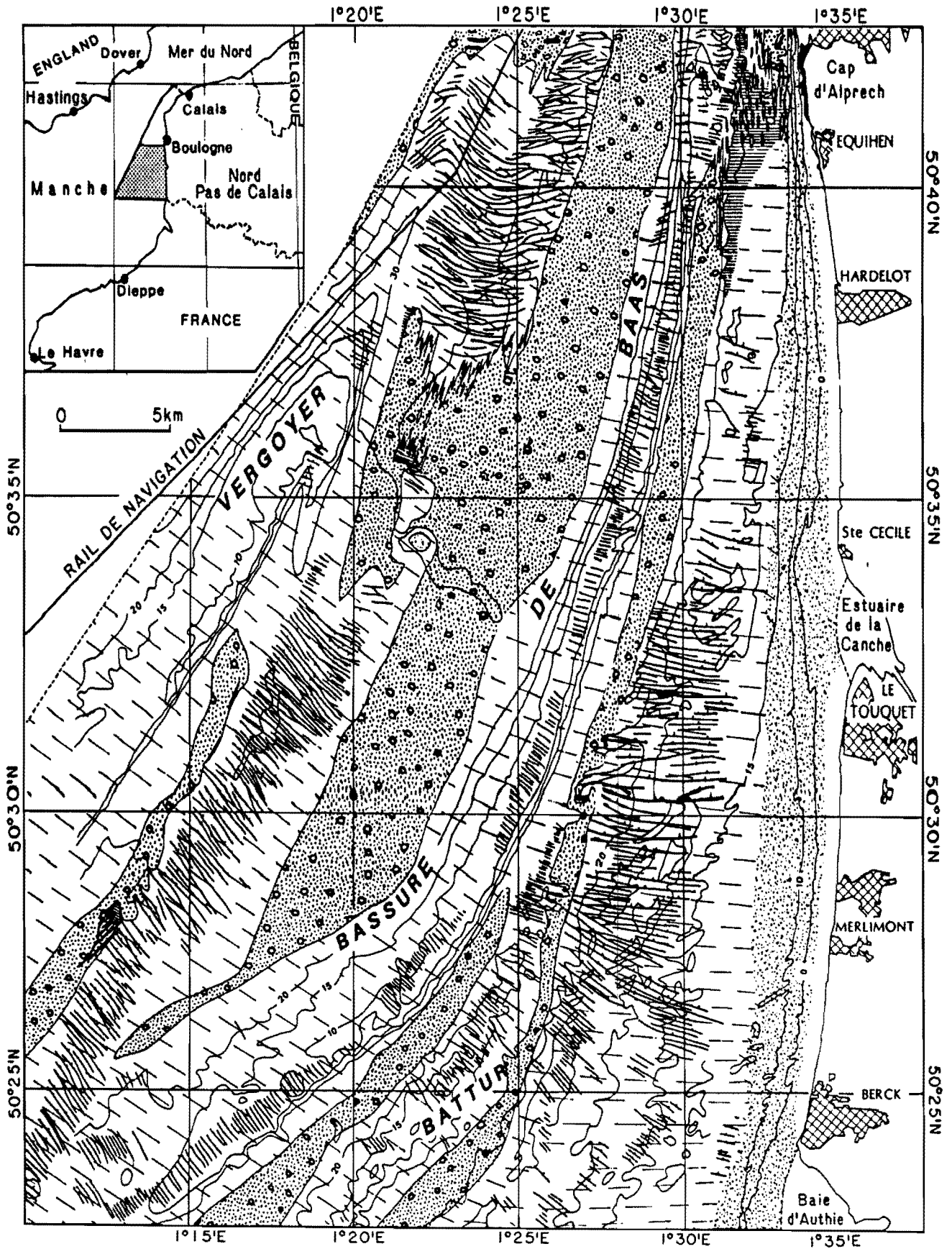
Ces structures ont été représentées sur la "Carte des sédiments superficiels au large de Boulogne-sur-Mer" (1/43 600 à 50°35'N) réalisée par Augris, Clabaut, Dewez et Auffret (1987), exception faite des rides qui ne sont pas détectables par le sonar latéral ou en bathymétrie en raison de leur petite taille (fig. 9). De plus leur représentation n'est pas compatible avec l'échelle de la carte.

##### 1) Les bancs

Les caractères généraux des bancs (Bassure de Baas, Battur et Vergoyer sont donnés dans le rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais (décembre 1986). La surface de ces édifices est couverte de vagues de sable et de mégarides.

21 profils bathymétriques transversaux de la Bassure de Baas ont été réalisés (fig. 10). Trois zones de resserrement sont mises en évidence : entre les profils 21 et 20 (vers 50°25'), 17 et 16 (vers 50°27'), 10 et 9 (vers 50°32'). Au-delà, en allant vers le Nord, la largeur du banc diminue progressivement.

##### 2) Les champs de vagues de sable











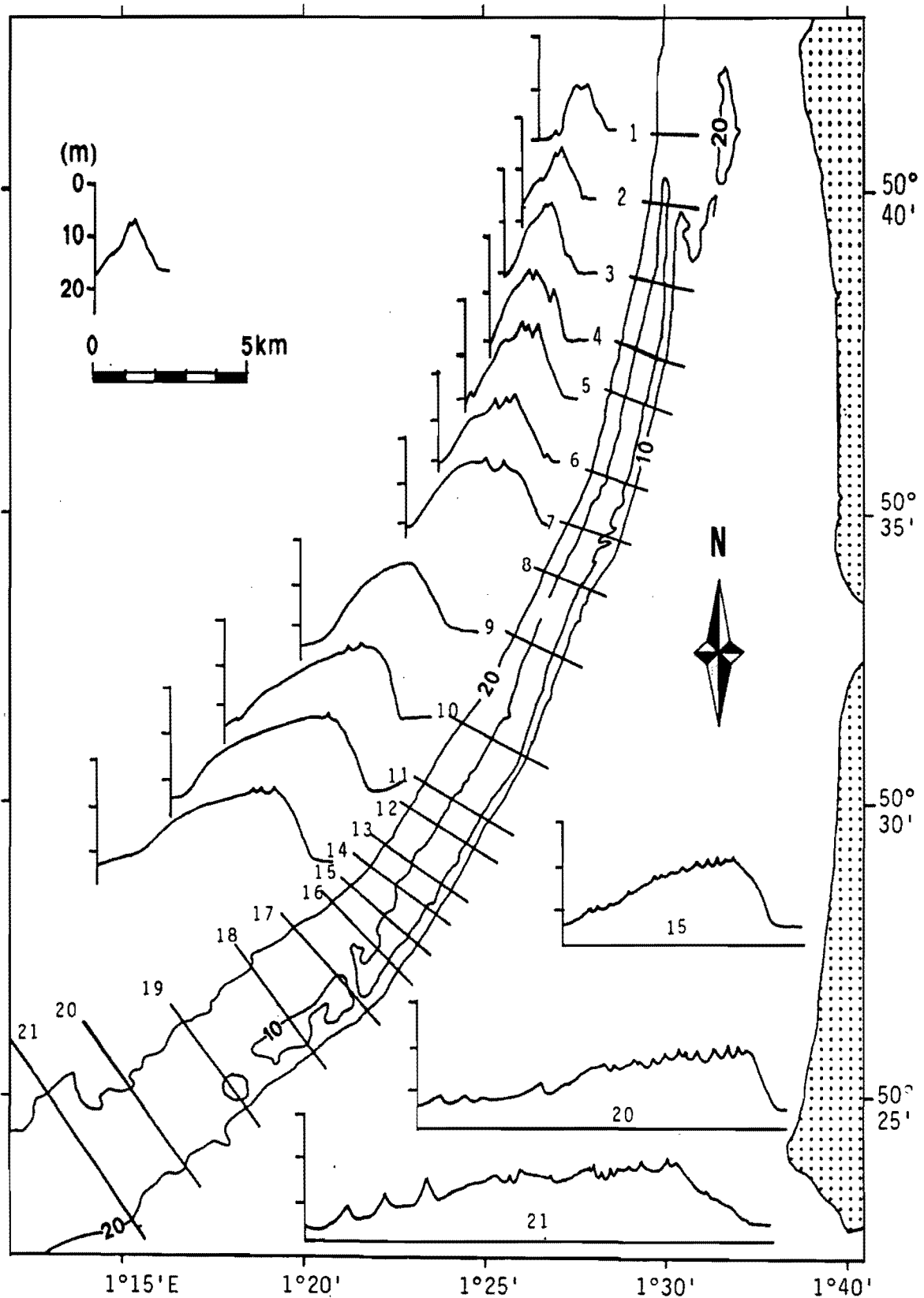
- |   |                                     |   |                                     |   |                         |   |   |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------|---|---|
|  | Gravier et cailloutis               |  | Sable grossier et moyen             |  | Sable fin gris          |  | Roche   |
|  | Mégarides de longueur d'onde < à 5m |  | Mégarides de longueur d'onde > à 5m |  | Crête de vague de sable |  | Crête de vague de sable avec indication du flanc abrupt |

Fig. 9 - Carte des sédiments superficiels au large de Boulogne-sur-Mer





## 2.1) Le champ nord

### 2.1.1) Caractéristiques générales

D'une superficie totale voisine de 40 km<sup>2</sup>, ce champ peut être subdivisé en trois ensembles principaux en fonction des hauteurs de vague de sable (fig. 11) :

- Le domaine proximal (par rapport à la côte) comprend les plus grandes structures. Des vagues de sable, hautes de 4 à 12 m, reposant sur des fonds de 35 à 40 m sont recoupées sur plus de 10 km du SSW au NNE.

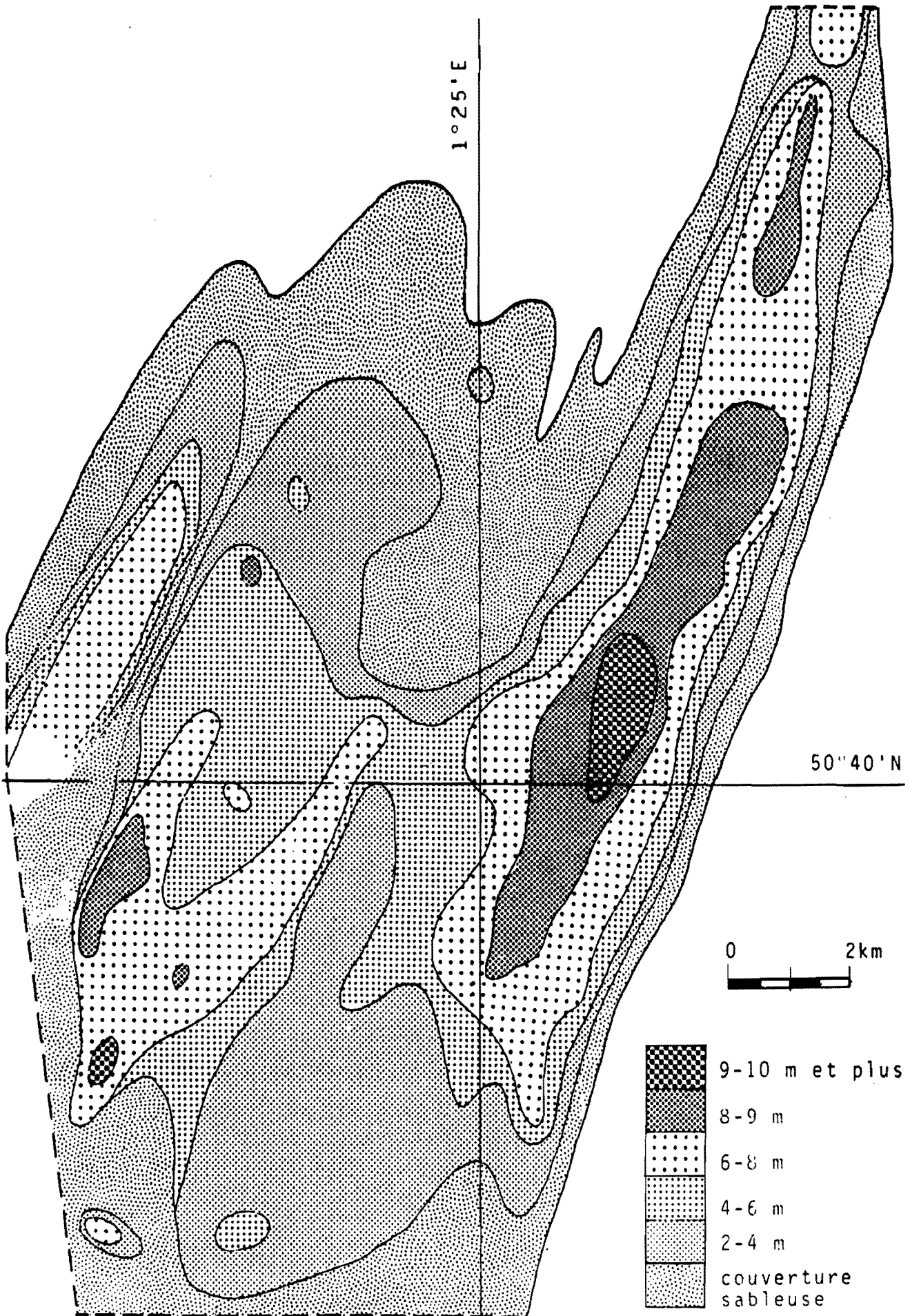
- Le domaine central occupe la zone la plus profonde du champ ainsi que le flanc oriental de la terminaison du Vergoyer. Les vagues de sable, de 4 à 11 m d'amplitude, reposent sur des fonds de 40 à 45 m. Elles s'atténuent vers le domaine proximal à la faveur d'une légère rupture de pente ainsi que vers le sommet du banc.

- Le domaine distal occupe le flanc ouest de la terminaison du Vergoyer. Le prolongement de cet ensemble vers le Sud est mal connu. La hauteur moyenne des ridins y avoisine 6 m ; elle diminue rapidement vers le sommet du banc et vers l'isobathe 50 m à l'Ouest, où la couverture sableuse finit par disparaître complètement.

### 2.1.2) Orientation et morphologie des vagues de sable

Certaines vagues de sable du champ nord peuvent se suivre sur près de 5 km, depuis le domaine proximal jusqu'au domaine central. La hauteur de l'édifice varie largement entre 2 et 12 m. Localement, la crête du ridin est droite, mais considérée dans son ensemble, elle subit une inflexion très nette. De direction moyenne N90 dans le domaine proximal, elle s'incurve peu à peu pour prendre une direction N130 dans le domaine central. Dans l'ensemble, ces vagues de sable conservent une orientation plutôt transverse par rapport aux courants de marée. La terminaison du Vergoyer constitue un domaine particulier, où les ridins ont des orientations très différentes de part et d'autre de la crête du banc : N130 sur le flanc oriental (domaine central) et N50 sur le flanc occidental (domaine distal). Cette dernière direction semble difficilement compatible avec une orientation transverse aux courants de marée.

Le flanc abrupt de ces structures est partout orienté vers le N ou le NNE, sauf dans la partie nord-ouest du domaine proximal, où il est orienté vers le S. L'inversion de polarité le long d'une même vague de sable s'effectue progressivement (fig. 12).



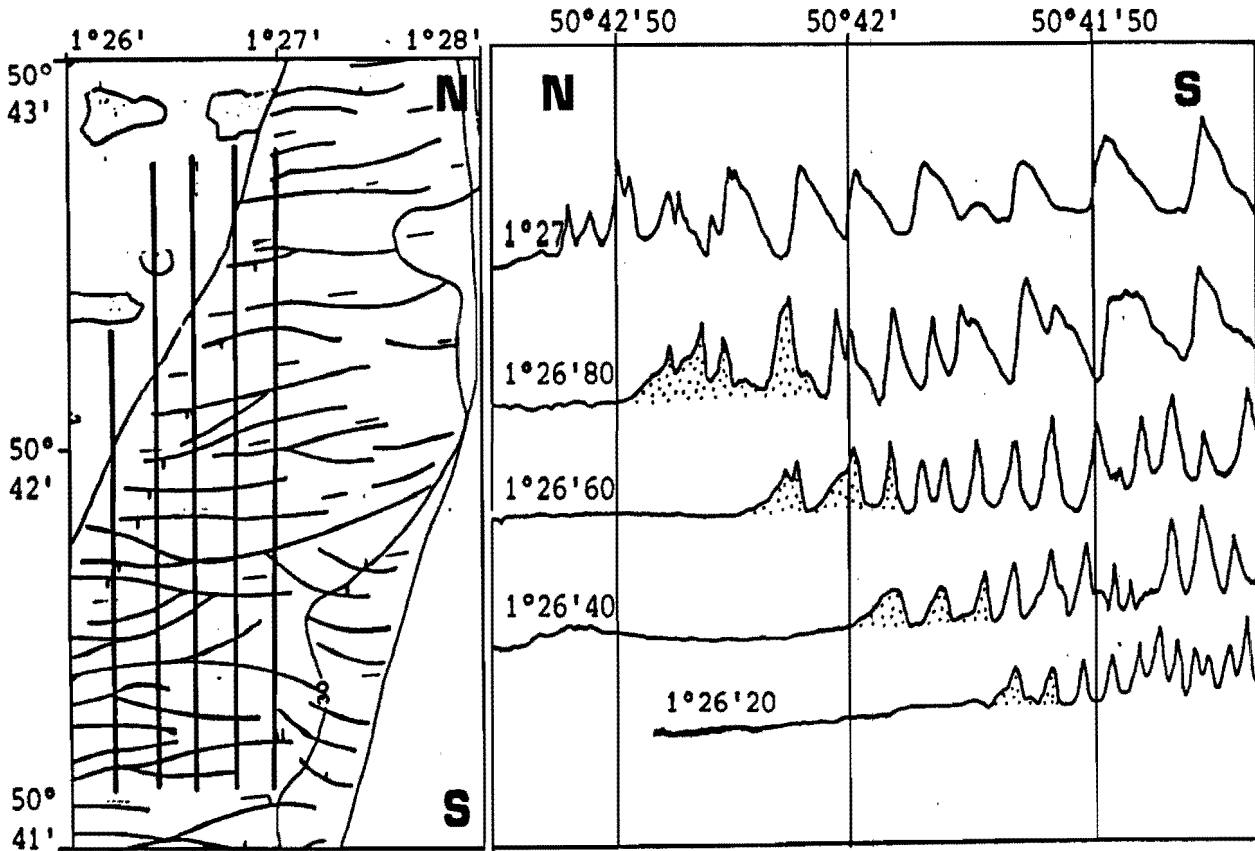
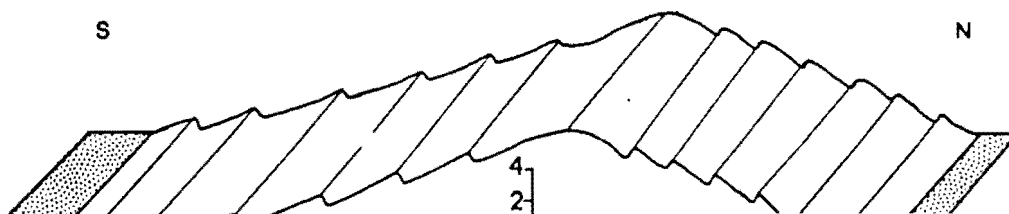


Fig. 12.- Inversion de polarité des ridins du champ Nord entre 50°41'N et 50°42'N.

### 2.1.3) Structures associées

Les enregistrements de sonar latéral montrent que les flancs de vagues de sable sont communément couverts de mégarides de longueur d'onde comprise entre 5 et 10 m. Leur hauteur reconnue par caméra ou en plongée est faible, inférieure à 50 cm, la crête de ces structures étant arrondie. Elles sont asymétriques ; la pente abrupte est orientée, sur chacun des deux flancs, vers la crête de l'édifice (fig. 13). Ces mégarides paraissent orientées de façon perpendiculaire aux courants de marée de sorte qu'elles ne sont pas toujours parallèles à la crête des ridins. Ce phénomène est particulièrement net dans le domaine distal où la direction des mégarides fait un angle d'environ 60° avec celle des vagues de sable (cf. fig. 17, rapport 1986). Localement, ces structures secondaires peuvent adopter une disposition particulière, tout à fait indépendante du schéma général. Elles s'orientent alors de façon perpendiculaire à la crête des ridins sur le flanc le plus abrupt.



## 2.2) Le champ sud

### 2.2.1) Caractéristiques générales

Contrairement au champ nord, ce champ a une structure relativement simple. Il s'étend de façon rectiligne suivant une direction SSW-NNE sur des fonds plats compris entre 25 et 30 m. Il s'interrompt de façon assez brutale vers le Nord, à l'approche de la fosse F2. Il est limité à l'Ouest par une zone légèrement déprimée le séparant du Vergoyer, interbanc caillouteux constituant une prolongation de la fosse F1. La limite est très nette, les vagues de sable laissant place aux mégarides et à un autre interbanc qui sépare le champ sud de la Bassure de Baas au nord de  $50^{\circ}25'$ . Ce champ constitue un léger bombement de 3-4 m d'amplitude (indépendamment de la hauteur des vagues de sable) entre  $50^{\circ}30'$  et  $50^{\circ}32'$ . D'une superficie connue de  $45 \text{ km}^2$ , le champ sud est constitué de vagues de sable de hauteur peu variable, proche de 4 m. Deux populations peuvent néanmoins être distinguées (fig. 14) :

- Le domaine situé au nord s'allonge sur près de 8 km, il est constitué de structures de 4 à 5 m d'amplitude. La valeur 6 m est dépassée en deux endroits.

- Le domaine situé au sud est représenté de façon incomplète sur la figure 14. Il s'étend cependant sur au moins 5 km et comprend aussi des structures de 4 à 5 m d'amplitude.

### 2.2.2) Orientation et morphologie des vagues de sable

Les vagues de sable du champ sud ont une orientation régulière variant de N130 à N145. Elles semblent s'orienter transversalement par rapport aux courants de marée de manière plus rigoureuse que leurs homologues du champ nord. Leur crête droite et longue se suit sur près de 3 km d'un bord à l'autre du champ. La hauteur varie de 1,5 à 6 m le long de cette crête. Les profils bathymétriques semblent indiquer de préférence une crête aigue.

### 2.2.3) Structures associées

Les mégarides ont été observées grâce au sonar latéral. Leur orientation est sensiblement parallèle à la direction des vagues de sable dont elles festonnent les flancs. Le phénomène déjà invoqué de la réfraction de ces structures secondaires à l'aval de la crête des ridins a été fréquemment observé.

formes sédimentaires	nom	taille	profondeur du substrat	pentés	indices de forme	orientation / courants
		l = 35 km		fl. externe=0,2-0,4°		
	Vergoyer	L = 4 km Hmax = 30 m	30 m	fl. interne=1,6-3,3°	l/L = 9	
	Bassure	l = 75 km		fl. externe=0,3-2,5°		
BANC S	de	1 < L < 6 km	20-25 m	fl. interne=2,7-4°	l/L = 15	longitudinale
	Baas	Hmax = 20 m				
		l = 25 km				
	Battur	L = 2,5 km Hmax = 15 m	20 m	0,5°	l/L = 10	
				f. symétriques: 3-5°		
	champ	H = 2-12 m	30-50 m	f. asymétriques:	15 < L/H < 50	transverse
	Nord	L = 35-340 m lmax = 5 km		-pente forte max > 10° -pente douce min < 1,5°	a/b < 4 a/bmax = 9	à oblique
		H = 1,5-6 m		f. symétriques: 2-4,5°	25 < L/H < 60	
VAGUES DE SABLE	champ Sud	L = 55-280 m lmax = 3 km	25-30 m	f. asymétriques:	a/b < 4 a/bmax = 6,5	
				-pente douce min < 1,5°		transverse
	champ côtier	H = 2-8 m L = 75-570 m lmax = 5 km	10-25 m	f. asymétriques:	35 < L/H < 90 -pente forte max < 10° -pente douce min < 0,5°	a/b < 7,9 a/bmax = 15
	bancs	H = 1,5-7 m L = 100-200 m	10-20 m	-	-	transverse à oblique
	champs de ridins	H = 0,3-1 m L = 3-10 m	> 5-6 m	pente forte max ≠ 30°	L/H 20	
MEGARIDES						transverse
	bancs	H < 50 cm L = 5-15 m	> 10 m	pente forte max > 30°	L/H 20 a/b varie	

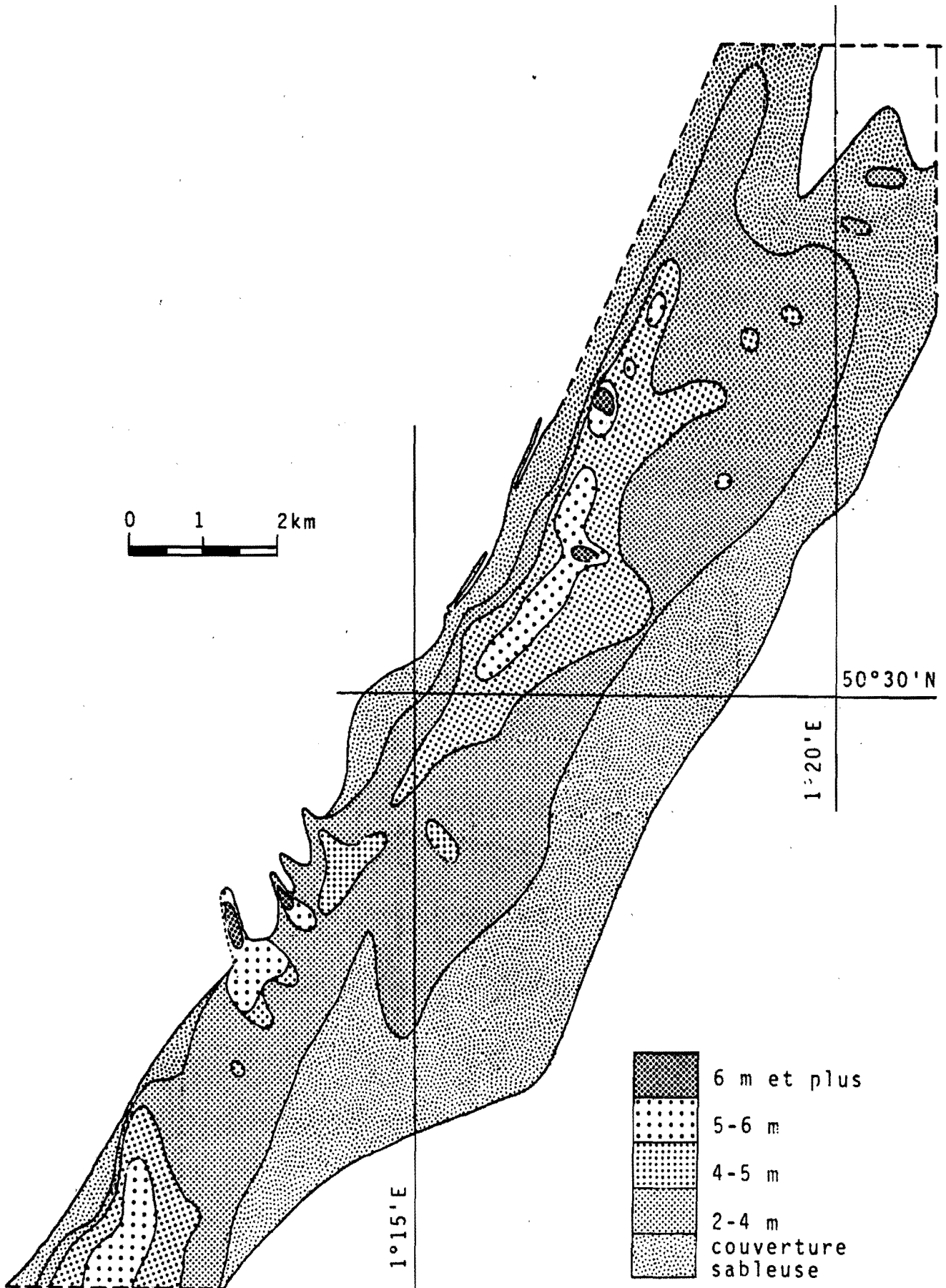


Fig. 14. Répartition spatiale de la couverture sédimentaire.

## 2.3) Le champ côtier

### 2.3.1) Caractéristiques générales

Les vagues de sable de ce secteur commencent à modeler la couverture sédimentaire de façon régulière à partir de 50°25' et s'étendent jusqu'à 50°34' au nord. Le champ est limité à l'Ouest par un interbanc à sédiments plus grossiers qui le sépare de la Bassure de Baas et le Battur. Il semble se raccorder directement vers l'Est au talus littoral où les vagues de sable sont pratiquement absentes. D'une superficie voisine de 60 km<sup>2</sup>, le champ côtier constitue un domaine relativement plat, compris entre les isobathes 10 et 20 m. Il est formé de vagues de sable de hauteur assez constante, variant généralement de 2 à 6 m. Quelques ridins situés entre 50°30' et 50°31' constituent les structures majeures du champ avec une hauteur comprise entre 6 et 8 m.

### 2.3.2) Orientation et morphologie des vagues de sable

De direction N130 à N145 face à Berck, les vagues de sable du champ côtier prennent une orientation N90, perpendiculaire à la côte, au large du Touquet, conformément au changement d'orientation des courants de marée dans ce secteur. Elles se suivent parfois sur près de 5 Km. Une analyse de la morphologie de ces vagues de sable a été effectuée à partir d'un profil bathymétrique recoupant de façon perpendiculaire une cinquantaine de structures, dans la partie centrale du champ. La longueur d'onde varie de 75 à 570 m, la hauteur de 2 à 6 m.

## II - NATURE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS

### 1) Conditions de prélèvement

#### 1.1) Plongées

Nous avons effectué une quinzaine de plongées avec le concours d'A. Richard et de chercheurs de la Station Marine de Wimereux. Les 21 échantillons prélevés in situ et les nombreuses prises de vue, bien que se rattachant à des sites très localisés, fournissent de précieuses indications, d'une part sur les faciès sédimentaires et d'autre part, sur la méthodologie et les précautions qu'il convient d'adopter lorsque l'on raisonne à partir d'échantillons prélevés de façon aléatoire à la benne.

Les prélèvements effectués en plongée sont répartis sur 7 sites (cf. fig. 5) : 3 sont situés sur la Bassure de Baas, 2 concernent le champ côtier alors que le champ nord et un domaine d'interbanc ont fait chacun l'objet d'une seule exploration.

A ces plongées s'ajoutent les observations par caméra vidéo souvent très complémentaires (cf. fig. 5).

### **1.2) Prélèvements à la benne**

Un échantillonnage à la benne a été effectué sur une grande partie de la zone d'étude. Deux domaines distincts seront décrits successivement :

- Un ensemble Bassure de Baas, interbanc, champ côtier et talus littoral où les prélèvements ont été implantés assez régulièrement de façon lâche, en tenant compte des différents faciès reconnus par le sonar latéral, et de la bathymétrie. 201 échantillons ont été recueillis dans ce domaine.

- Un ensemble champ nord, queue de Vergoyer, fosses F2 et F3 où nous avons implanté les prélèvements de façon plus dense sur quelques profils, et de manière plus précise grâce à un système de positionnement Syledis. 119 échantillons ont été collectés dans ce domaine.

### **2) Caractéristiques générales des sédiments**

Chaque sédiment de la zone d'étude constitue un assemblage de fractions granulométriques aux caractéristiques généralement spécifiques. On peut distinguer 5 principales fractions sédimentaires :

- la fraction fine ( $< 0,063$  mm),
- la fraction des sables fins ( $0,063-0,2$  mm),
- la fraction des sables moyens ( $0,2$  à  $0,5$  mm),
- la fraction des sables grossiers ( $0,5$  à  $2$  mm),
- les clastes grossiers ( $> 2$  mm).

La relation entre la granularité et la nature spécifique des différentes fractions permet, à partir de critères tels que la couleur et l'abondance de débris coquilliers, une identification macroscopique aisée des différents types sédimentaires de la zone d'étude. Ces critères de distinction visuelle constituent la base de notre étude sédimentologique. Le calcul des paramètres granulométriques et la mesure des teneurs en calcaire permettent d'affiner les résultats.



### 3) L'ensemble Bassure de Baas-côte

L'étude des sédiments de ce secteur conduit à différencier 8 faciès répartis en 4 domaines distincts : les bancs (Bassure de Baas et Battur), les interbancs, le domaine côtier compris entre les isobathes 10 et 20 m, qui englobe le champ de vagues de sable et le talus littoral. Avant de décrire ces différents domaines, il convient de donner les caractéristiques des faciès sédimentaires.

#### 3.1) Types de sédiments

Les principaux caractères des différents types de sédiments sont donnés dans le tableau 3, ainsi que sur la figure 15. Par ordre de granularité croissante, on distingue :

- **Le type 1** : Il s'agit d'un sable gris légèrement envasé dont la classe modale se situe généralement à 0,125 ou 0,16 mm. La fraction de sables fins (< 0,2 mm) est souvent dominante (de 40 à 95 %). Ce sable peu calcaire est l'un des mieux classés de la zone d'étude.

- **Le type 2** : Peu différent du précédent, ce sédiment de couleur grise se caractérise par un mode à 0,16 ou 0,2 mm. La fraction de sables fins n'est cependant plus dominante. Les différences essentielles entre ce type de sédiment les types 1 et 3 sont sa relative richesse en calcaire (15 à 19 %) et le classement un peu moins bon.

- **Le type 3** : Ce sable moyen gris, très bien classé, possède systématiquement un mode à 0,2 mm. La fraction de sables fins est encore bien représentée (de 15 à 35 %). Les teneurs en calcaire sont très homogènes, généralement comprises entre 10 et 12 %.

- **Le type 4** : Ce faciès sédimentaire est l'un des plus couramment rencontrés sur la zone d'étude. Il s'agit d'un sable moyen de couleur beige caractéristique, dont le mode se situe à 0,2 ou 0,25 mm (rarement 0,315 mm). Très bien classé, ce sédiment possède une fraction de sables moyens (0,2 à 0,5 mm) prépondérante, comprise entre 80 et 95 % (cf. fig. 23). Essentiellement constitué de grains de quartz, il se différencie également des autres par sa très faible teneur en  $\text{CaCO}_3$ , généralement proche de 8 %.

- **Le type 5** : On retrouve ici un sable de couleur grise, bien qu'il soit principalement constitué d'une fraction de sables moyens beiges de mode 0,25 ou 0,315 mm. La fraction de sables grossiers comprise entre 10 et 15 % est composée en grande partie de fragments lithiques sombres qui donnent au sédiment sa teinte grise. Ces éléments clastiques grossiers confèrent à la répartition granulométrique

! type !	! type de !	! couleur !	! mode !	! grain moyen !	! fraction sableuse !			! %graviers !	! classement !	! %CaCO <sub>3</sub> !
					! (f.sableuse) !	! (f.sableuse) !	! %s.fins ! %s.moyens ! %s.grossiers !			
! 1 !	! S11e !	! gris !	! 0,125-0,16 !	! 0,15-0,2 !	! 40-95 !	! 5-55 !	! 0-3 !	! 0-2 !	! 1,08-1,17 !	! 9-12 !
! 2 !	! S11d !	! gris !	! 0,16-0,2 !	! 0,215-0,245 !	! 25-45 !	! 45-65 !	! 3-6 !	! 1-3 !	! 1,14-1,27 !	! 15-19 !
! 3 !	! S11d !	! gris !	! 0,2 !	! 0,22-0,26 !	! 15-35 !	! 65-85 !	! 0-5 !	! 0 !	! 1,10-1,20 !	! 10-12 !
! 4 !	! S11d !	! beige !	! 0,2-0,25 !	! 0,23-0,35 !	! 3-10 !	! 80-95 !	! 0-6 !	! 0 !	! 1,10-1,20 !	! 7-12 !
! 5 !	! S11d !	! gris !	! 0,25-0,315 !	! 0,3-0,4 !	! 3-13 !	! 75-90 !	! 10-15 !	! 0-5 !	! 1,15-1,35 !	! 10-15 !
! 6 !	! S11d !	! beige !	! 0,315-0,4 !	! 0,29-0,55 !	! 2-7 !	! 70-85 !	! 10-20 !	! 1-20 !	! 1,15-1,32 !	! 13-25 !
! 7 !	! (cf. texte) !	! roux !	! souvent !	! 0,45-0,9 !	! 5-15 !	! 25-50 !	! 25-55 !	! 3-33 !	! 1,4-3 !	! 25-50 !
!	!	! blanc !	! 0,4 !	!	!	!	!	!	!	!
! 8 !	! S11b !	! gris !	! 0,16-0,2 !	! 0,22-0,4 !	! 10-40 !	! 55-80 !	! 5-30 !	! 20-55 !	! 1,10-1,50 !	! 12-35 !

Tabl. 3.- Valeurs moyennes des principaux paramètres des types sédimentaires distingués dans le domaine Bassure de Baas-côte.

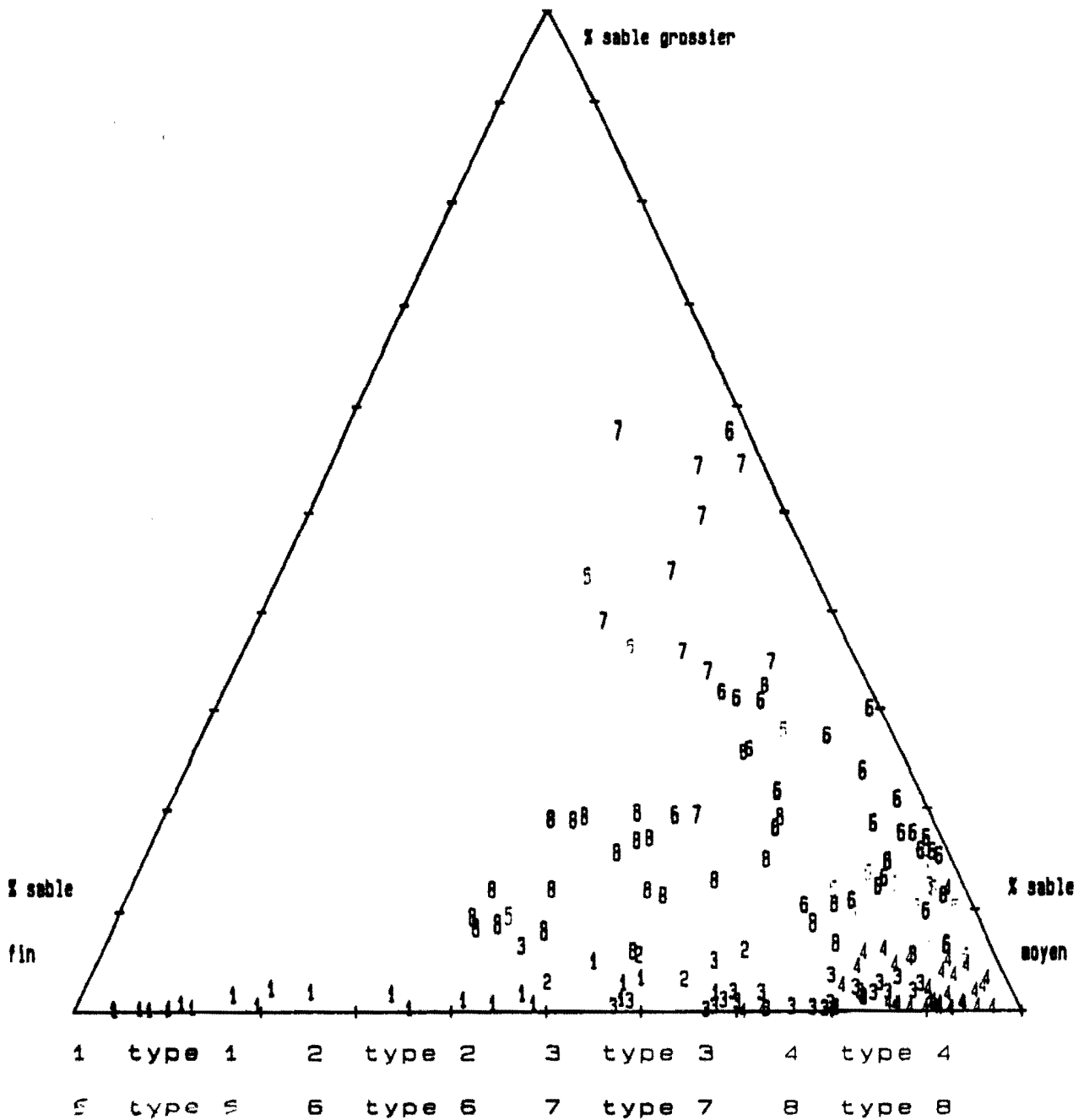


Fig. 15.- Répartition des sables fins, moyens, grossiers dans les différents types sédimentaires.

- **Le type 6 :** La valeur modale de ce type de sédiment se situe généralement à 0,315 ou 0,4 mm. Les proportions de sables grossiers et de graviers, essentiellement constitués de coquilles et débris coquilliers de Lamellibranches ainsi que de Nummulithes parfois très abondantes, augmentent de façon significative. Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  sont donc assez élevées (de 13 à 25 %), tandis que le classement bon à moyennement bon reflète la pluralité des stocks sédimentaires.

- **Le type 7 :** Cet ensemble regroupe des sédiments assez grossiers (grain moyen compris entre 0,45 et 0,9 mm) et très riches en  $\text{CaCO}_3$  (de 23 à 51 %). Ils correspondent en effet à une "purée" coquillière, de couleur rousse à blanchâtre. Ces sédiments présentent un large éventail granulométrique et sont par conséquent

- Le type 8: Ce faciès regroupe des sédiments de répartition granulométrique bimodale, caractérisée par une fraction importante de graviers de silex et de coquilles (de 20 à 55 %) et par un sable dont le mode se situe à 0,16 ou 0,2 mm. La fraction sableuse est très bien à moyennement classée, alors que l'ensemble du sédiment est très mal classé. Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$ , fonction de l'importance des coquilles, varient de 12 à 35 %.

Les courbes granulométriques cumulatives représentatives de chacun de ces types sont données sur la figure 16.

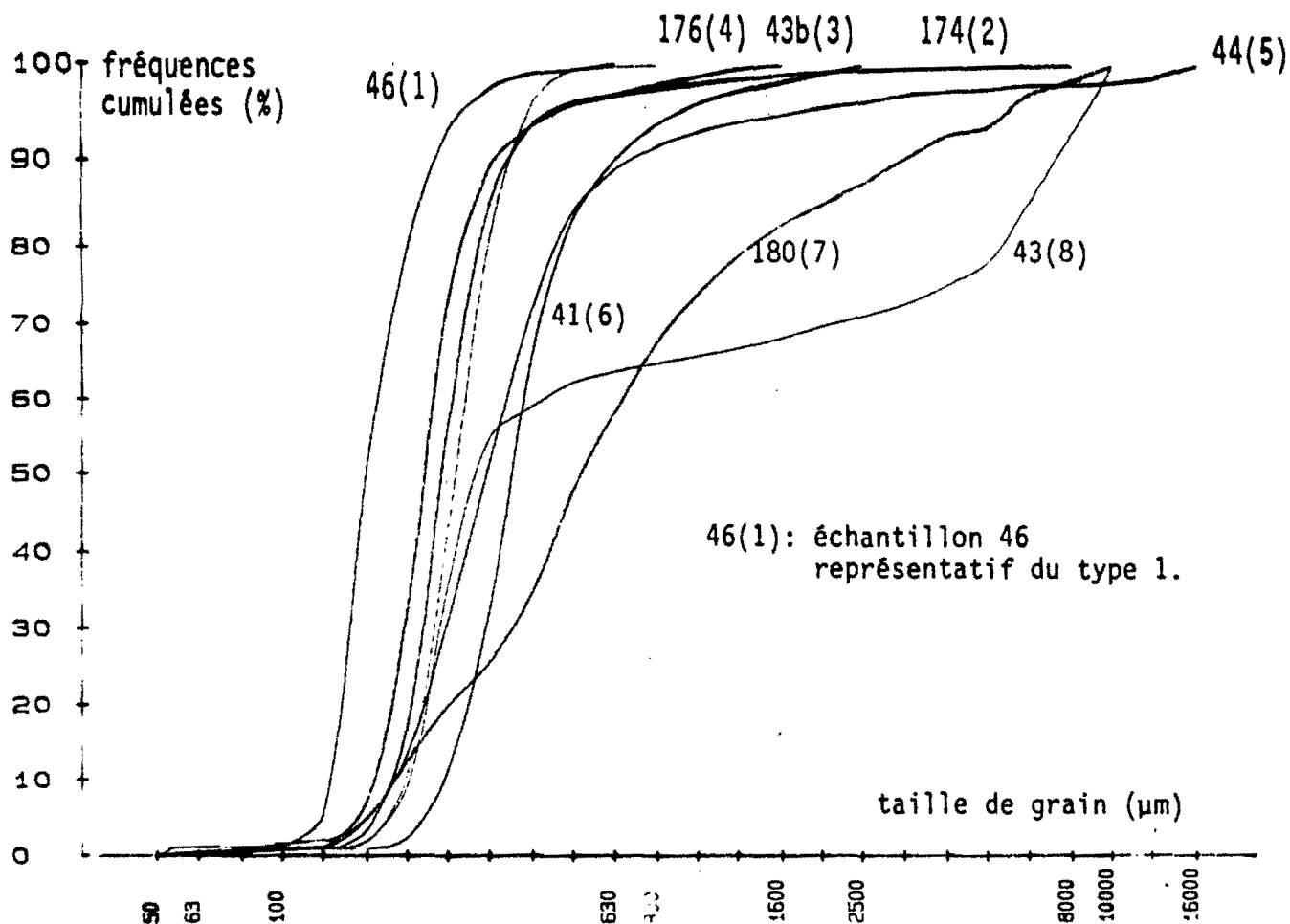


Fig. 16.- Courbes cumulatives types des répartitions granulométriques des différents types sédimentaires.

### 3.2) Les bancs

#### 3.2.1) La Bassure de Baas

La diversité des faciès sur la Bassure de Baas, dont le profil transverse est asymétrique, correspond à un gradient granulométrique transversal. Le type 3 (mode à 0,2 mm) occupe le flanc externe du banc sur les profils 10 à 22 où l'asymétrie du corps sableux est bien marquée. Le type 2 qui correspond à un sédiment encore

En remontant vers le sommet du banc, le type 4 (mode à 0,2-0,25 mm) devient prépondérant. Ce sable beige est caractéristique de la totalité du banc, principalement le flanc et le pied internes du banc.

Le phénomène de gradient granulométrique transversal peut avoir pour origine une stratification du banc. Ainsi, au cours de l'édification de la Bassure de Baas, des sables de plus en plus grossiers, liés à une énergie croissante du milieu, se sont mis progressivement en place. L'asymétrie de l'édifice au Sud pourrait dans ce cas être l'indicatrice d'une progradation vers la côte (fig. 17).

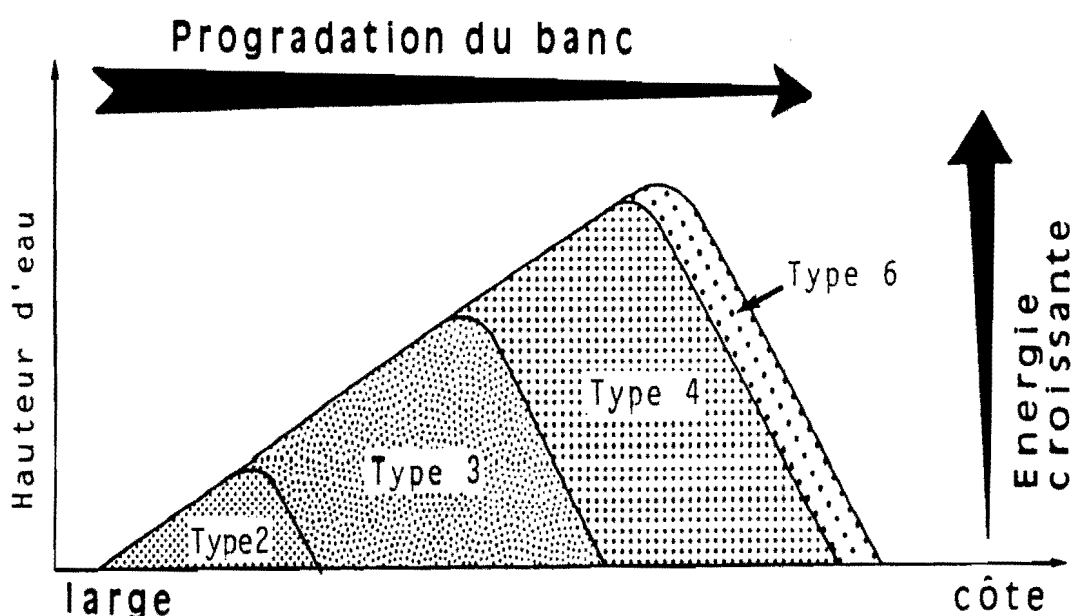


Fig. 17.- Mise en place des différents types de sédiments de la Bassure de Baas. Conséquences dynamiques.

### 3.2.2) Le Battur

Le sommet est composé jusqu'à la radiale 20 d'un sable de type 4 en tout point comparable à celui de la Bassure de Baas. Plus au Sud, il devient nettement plus calcaire, prenant l'aspect d'une "purée" coquillière.

### 3.3) Les interbanes

Les prélèvements montrent des sables à fortes proportions de graviers de silex et de coquilles (20-55 %) de 2 à 20 mm (type 8). Les galets probablement présents n'ont pu être recueillis par la benne Shipeck. La fraction sableuse de ces sédiments hétérogènes souvent envasés, est caractérisée par un mode à 0,16 ou 0,2 mm et une relative richesse en sables fins qui donnent à l'ensemble sa teinte grisâtre. Ces caractères apparentent la fraction sableuse des interbanes aux types 2 et 3 reconnus sur la Bassure de Baas. Cette fraction sableuse rendue peu mobile par la

donne à cette fraction sableuse un classement très bon à moyen. Les teneurs en carbonates, fonction de l'abondance des éléments bioclastiques varient en général de 12 à 35 %.

Le type 8 ne constitue pas le seul faciès typique des interbancs. Des sables de type 6, s'apparentant à ceux des bancs, prolongent latéralement ces bancs, probablement sous la forme de mégarides isolées. Des gravelles coquillières (type 7) peuvent enfin relayer localement ces types de sédiments.

### 3.4) Entre les isobathes 10 et 20 m

Au Nord de l'estuaire de la Canche, les fonds sont relativement plats, dépourvus de grandes structures sableuses de type vague de sable. Deux types de sédiments de couleur grise y coexistent : le type 3 caractérisé par sa relative richesse en sables fins (< 0,2 mm) et sa faible teneur en CaCO<sub>3</sub> (10-12 %) et le type 5, nettement plus grossier et légèrement plus calcaire malgré le caractère lithoclastique des éléments supérieurs à 0,5 mm.

Face à l'estuaire de la Canche et jusqu'à la latitude de Merlimont, on retrouve au niveau de l'isobathe 10 m des sables de type 3. Ce faciès se répartit de façon homogène sans tri granulométrique notable. Ces sédiments relativement fins peuvent résulter en partie des apports fluviaux de la Canche et de l'Authie (Despeyroux, 1985). Les sédiments de type 5, prélevés entre Ste-Cécile et le Cap d'Alprech, traduisent par leur richesse en éléments lithoclastiques assez grossiers la faible épaisseur de la couverture sableuse, qui laisse apparaître, face au cap, le substrat caillouteux (Augris et al., 1987).

Avec l'apparition des vagues de sable du champ côtier, la nature des sédiments devient plus complexe. Les types 3, 4, 5, 6 et 7, ainsi que des mélanges de ces types, figurent dans ce secteur. Compte tenu de la faible densité des points de prélèvements (environ 30 pour le champ côtier), la répartition paraît aléatoire.

### 3.5) Le talus littoral

A ce secteur correspond un sédiment très homogène tout à fait caractéristique. Il s'agit d'un sable gris de type 1 légèrement envasé, sauf au débouché de la Canche et de l'Authie où les teneurs en fines atteignent jusqu'à 13 %. La valeur modale se situe à 0,125 ou 0,16 mm. La présence d'un tel sédiment fin sur la frange côtière est commune à la plupart des zones littorales. Il correspond à un domaine où la somme des énergies développées par les courants de marée et la houle est minimale.

#### 4) Le secteur nord-occidental

##### 4.1) Types de sédiments

Hormis les types 1 et 5, respectivement caractéristiques du talus littoral et d'une zone où la couverture sédimentaire est très amincie, on retrouve dans le secteur nord-occidental des sédiments comparables à ceux reconnus dans le domaine Bassure de Baas-côte.

Le sable du Vergoyer constitue un nouveau type. Le mode généralement situé à 0,2 mm et le grain moyen compris entre 0,21 et 0,23 mm l'apparentent au type 3, voire au type 2. Les teneurs particulièrement faibles en calcaire (environ 8 %) et le classement excellent (1,10-1,13) le relie à un autre sable de banc : le type 4 de la Bassure de Baas.

##### 4.2) Le champ Nord

La moitié des échantillons recueillis sur le champ Nord ont été implantés dans le domaine proximal sur une douzaine de vagues de sable, afin de rechercher d'éventuelles variations granulométriques au sein de ces structures.

Dans la partie nord-orientale du champ, les gravelles dominent. Elles se répartissent de préférence sur le sommet ou les flancs des ridins, alors que des sables moyens très bien classés sont communs dans les creux.

Les caractéristiques granulométriques des gravelles sont très variables. Les fréquences maximales se situent aux alentours de 0,4 et 2 mm, la répartition étant souvent bimodale. Cette variabilité traduit les phénomènes de tris granulométriques importants observés au sein des mégarides. Ceux-ci, malgré la densité des prélèvements (jusqu'à 6 sur une même structure) rendent les interprétations délicates. On peut cependant noter qu'il existe sur certaines vagues de sable un gradient d'affinement granulométrique du sommet vers le creux. Ce phénomène ne peut pourtant pas être généralisé à toutes les structures. Ainsi, celles situées au sud de 50°41'N paraissent essentiellement constituées de sable moyen beige de type 4, très homogène.

##### 4.3) Les interbancs

Les prélèvements effectués dans les zones reconnues par le sonar latéral comme franchement grossières (faciès acoustique sombre) se caractérisent par de fortes proportions de graviers (jusqu'à 50 %) et parfois de galets de silex. La fraction

Les échantillons recueillis dans le secteur des rubans constituent un mélange du sable gris de l'interbanc s.s. et de fine gravelle coquillière. Le mode de l'ensemble se situe à 0,25 mm. Latéralement, en progressant vers le champ, le sable gris plus fin disparaît peu à peu pour finalement laisser place aux sédiments homogènes beiges (type 4) et aux gravelles coquillières (type 7) typiques du champ.

#### 4.4) Le Vergoyer

Nous avons effectué 9 prélèvements sur la terminaison nord du Vergoyer. Situés sur le sommet ou la pente interne du banc, les échantillons sont constitués d'un sable moyen à fin, très homogène, de couleur beige. Hormis deux échantillons relativement profonds, dont le mode se situe à 0,25 mm, ces sables particulièrement bien classés sont caractérisés par un mode à 0,2 mm. La proportion de sables fins varie de 15 à 40 %. Comparés aux sédiments prélevés sur le sommet ou la pente interne de la Bassure de Baas, les sables du Vergoyer apparaissent nettement plus fins.

#### 4.5) Les fosses F2 et F3

La bordure nord de la fosse F3 est jalonnée par un ridin constitué d'une gravelle coquillière assez grossière. Les éléments bioclastiques se répartissent principalement entre 0,4 et 1,25 mm et déterminent une teneur en calcaire de 60 %.

Les sédiments des fosses sont assez hétérogènes. Ils se composent d'une fraction de graviers parfois importante (jusqu'à 35 %) et de sables fins et moyens en proportions variables. Les sables moyens sont généralement plus abondants que les sables fins, sauf au centre de la fosse F2 où la profondeur est maximale. Les teneurs en fines, variant de 1 à 3 %, sont parmi les plus élevées du secteur d'étude. Il semble que ces zones surcreusées constituent des zones de décantation des particules les plus fines, ce qui expliquerait en partie leur absence dans le champ Nord.

La plupart des sédiments des fosses F2 et F3, fraction graveleuse non comprise, s'apparentent par leur granularité et leurs teneurs en CaCO<sub>3</sub> voisines de 15 % au type 2 défini au SSE de ces fosses, à la jonction du champ Sud et de la Bassure de Baas (cf. fig. 18).



## 5) Conclusions

Les apports conjugués du sonar latéral, des prélèvements à la benne et des observations in situ permettent une cartographie sédimentaire précise de la zone d'étude (fig. 18).

### 5.1) Méthodologie

Le sonar latéral constitue l'outil indispensable pour délimiter de façon exacte l'extension des principaux faciès sédimentaires. Cet équipement ne permet cependant pas de distinguer de variations granulométriques ou lithologiques au sein d'un ensemble sableux ou caillouteux. Les prélèvements à la benne doivent donc être effectués en parallèle suivant un maillage plus ou moins serré en fonction de la complexité du secteur considéré. Dans la présente étude, les prélèvements ont été implantés, après une reconnaissance générale par le sonar latéral, dans chacune des zones sédimentaires acoustiques mises en évidence. Des variations granulométriques et lithologiques au sein des grands ensembles comme les bancs peuvent ainsi être mises en évidence.

Ce mode de prélèvement peut cependant se révéler peu adéquat au sein d'ensembles complexes où les variations granulométriques sont nombreuses et rapides. Les champs de vagues de sable en constituent l'exemple le plus frappant par les phénomènes de tri qui affectent des structures élémentaires comme les mégarides.

L'observation in situ (en plongée ou par l'emploi de la caméra vidéo) et les prélèvements associés prennent alors le relais. Malgré le caractère très local de telles investigations, un échantillonnage serré et ciblé sur les structures élémentaires permet de reconnaître et de quantifier précisément ces phénomènes de tri granulométrique.

### 5.2) Répartition des sédiments

Les interbancs se trouvent entre les grands domaines sableux, dont ils constituent le substrat. Les interbancs compris entre la Bassure de Baas et le Battur d'une part, et la côte sont composés d'un mélange de sables envasés et de graviers ou coquilles. Ce sédiment mixte peu épais (entre 5 et 10 cm) repose sur un lit de galets de silex de grandes dimensions.

Les trois bancs étudiés présentent des caractéristiques granulométriques bien distinctes qui paraissent directement liées à la profondeur :

- Le Vergoyer, situé le plus au large, est constitué d'un sable très homogène

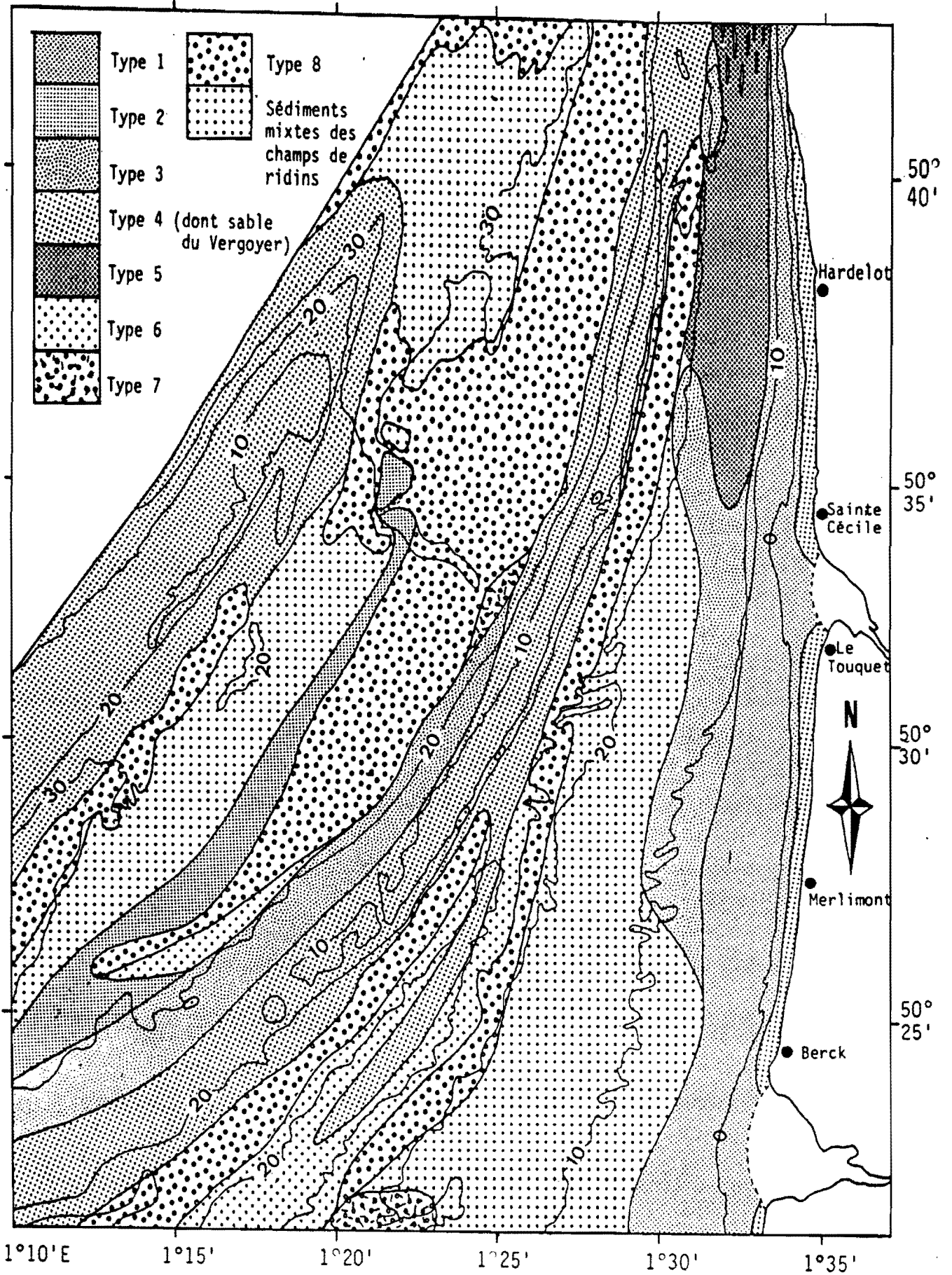


Fig. 12. Carte géologique des sédiments du littoral de Berck.

sables beiges plus grossiers dont le mode avoisine 0,25 ou 0,315 mm.

- Un gradient granulométrique transversal, apparaissant d'autant mieux que son profil est asymétrique, affecte la Bassure de Baas. Les sédiments les plus fins de mode 0,16 ou 0,2 mm et de couleur grise sont localisés sur la pente externe. Ils passent vers le sommet du banc à des sables beiges de mode 0,25 mm. Ces sables de granularité intermédiaire par rapport à ceux du Vergoyer et du Battur sont très caractéristiques de la Bassure de Baas. Des sables beiges plus grossiers, comparables à ceux du Battur apparaissent enfin sur la pente interne du banc. Ce gradient granulométrique transversal semble être l'indicateur d'une stratification du banc résultant de la mise en place progressive de sables de plus en plus grossiers.

Les tris granulométriques qui affectent les mégarides sont peu marqués et modifient peu ce gradient.

Ces tris sédimentaires rendent par contre les corrélations difficiles au sein des champs de vagues de sable. Ceux-ci sont en général constitués de sédiments plus grossiers et plus hétérogènes que les sédiments des bancs. Les enrichissements en graviers et en débris bioclastiques peuvent être très élevés, aboutissant souvent à la formation de gravelles coquillières.

Les fosses F2 et F3 constituent zones de décantation importante de la fraction fine  $< 0,063$  mm.

La zone littorale constitue le dernier domaine sédimentaire identifié. Une frange de sables fins à moyens, de mode 0,2 mm, s'intercale entre le talus littoral et les vagues de sable du champ côtier. Par leur faible granularité, ces sédiments peuvent exprimer en partie les apports fluviaux de la Canche et de l'Authie. Le talus littoral lui-même est constitué par les sables les plus fins de la zone d'étude.

### III - DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

#### 1) Courantométrie

Nous avons effectué quatre cycles de 12 ou 24 heures de mesures de courants sur le secteur d'étude (cf. fig. 5). A ces enregistrements s'ajoutent 10 cycles de mesures inédites réalisées par le S.H.O.M. (tabl. 4).

##### 1.1) La partie nord du champ Nord

##### 1.1.1) Mesures effectuées dans le cadre de l'étude

##### a) Cycle Aa1

du jusant, qui porte au N 190-200°, excède de près d'une heure celle du flot, qui porte au Nord (fig. 19). Le flot est cependant le plus intense avec des vitesses maximales de l'ordre de 55 cm/s et un pic à 60 cm/s vers PM+1, alors que les vitesses maximales du jusant sont comprises entre 45 et 52 cm/s vers Basse Mer.

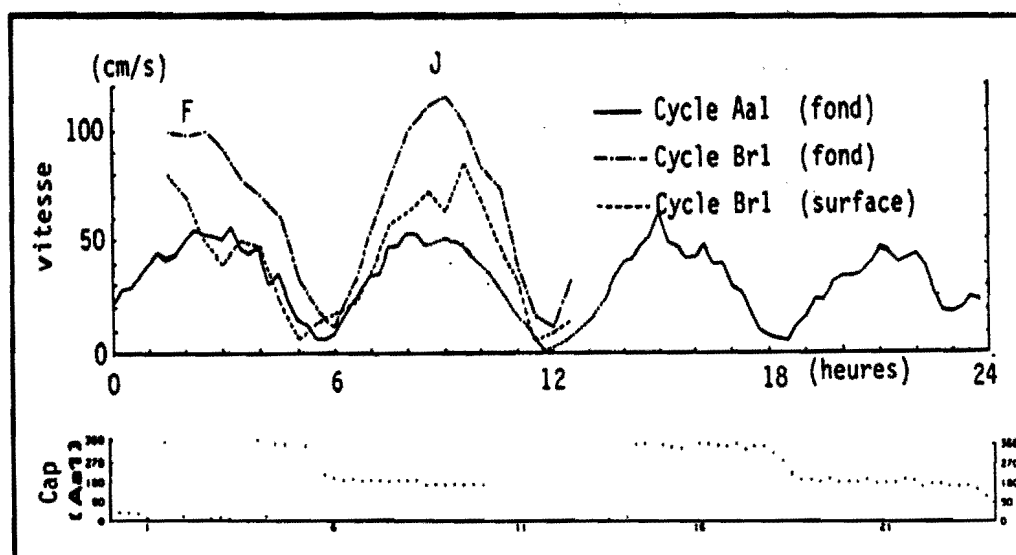


Fig. 19.- Variations de la vitesse et de la direction des courants en Aal (fond) et de vitesse des courants en Br1 (fond et surface).

#### b) Cycle Br1

Les vitesses sur le fond apparaissent plus élevées que pour le cycle Aal (fig. 19) avec des valeurs maximales de 80 cm/s en flot et de 86 cm/s en jusant. En dehors de cette différence de vitesse entre les deux cycles, les deux courbes  $v = f(t)$  ont sensiblement la même allure, avec des heures d'étales qui se correspondent. Comme en Aal, le jusant porte au N 190-200° et le flot au Nord.

Les vitesses en surface excèdent en moyenne de 30 % les valeurs mesurées près du fond. Le flot atteint 100 cm/s et le jusant 114 cm/s. On notera que la direction du flot est en moyenne de 10-20° N, et, par conséquent, est déviée vers la droite par rapport à sa direction près du fond. En supposant que la vitesse en surface est la même en Aal et en Br1, ce qui est vraisemblable pour des points distants de 2 km seulement, on remarque que la vitesse au fond en Aal subit une nette diminution, de l'ordre de 50 %, par rapport aux valeurs de surface. Cette réduction de moitié peut être attribuée à l'augmentation brutale de la profondeur (-50 m) à la limite orientale du champ Nord.

#### 1.1.2) Mesures effectuées par le S.H.O.M.

Les cycles IDSH 422, 423, 424 ont été effectués au même point et le même jour (coefficient 95) respectivement en surface, à - 10 m et à 5 m au-dessus

Quel que soit le niveau considéré dans la tranche d'eau, on note que la vitesse du flot est supérieure d'environ 5 % à celle du jusant. D'autre part, la vitesse des courants à 5 m du fond vaut environ 80 % de la vitesse en surface.

On constate par ailleurs que pour des coefficients de marée égaux, les valeurs enregistrées à 5 m (IDSH 424) et à 1 m (Aa1) du fond en des points géographiquement proches sont très différentes. Les vitesses sont nettement supérieures (d'environ 80 %) pour le premier point.

On notera enfin que si les courants sont orientés préférentiellement N-S en Aa1, ils reprennent une orientation N20°-N200° en IDSH 424.

secteur	numéro	position	profondeur	cadence	date	durée	coeff.
partie	Aa 1	50°41'57"-1°26'47"	1 m du fond	15'	14/03/87	24h	75-81
nord	Br 1	50°42'-1°27'50"	fond et surface	30'	14/03/87	12h	75
du	IDSH 422	50°42'-1°25'	surface	15'	30/06/38	24h	95
champ	IDSH 423	"	-10 m	"	"	"	"
Nord	IDSH 424	"	5m du fond	"	"	"	"
bordure	IDSH 918	50°35'50"-1°19'45"	-5 m	6'	20/06/77	4j	75-57
nord-est du	IDSH 922	"	fond	"	20/06/77	16j	57-102
Vergoyer	IDSH 930	"	-5 m	6'	05/09/77	11j	33-103
	IDSH 20079	50°39'45"-1°22'19"	-5 m	10'	30/04/86	16j	41-82
	Aa 2	50°32'12"-1°29'45"	1m du fond	15'	07/05/87	24h	34-38
champ	Aa 3	50°30'36"-1°27'	1m du fond	15'	27/05/87	12h	79
côtier	IDSH 855	50°28'-1°27'30"	-8 m	6'	24/10/75	2j	76-55
	IDSH 920	50°37'35"-1°32'15"	-5 m	6'	14/09/77	42h	96-102
	IDSH 928	50°33'12"-1°31'53"	-5 m	6'	07/09/77	2j	33-43

Tabl. 4.- Mesures courantologiques relatives à la zone d'étude: effectuées dans le cadre de cette étude (Aa = courantomètre Aanderaa RCM 4, Br = courantomètre Braystocke BFM 008) et par le SHOM (IDSH).

## 1.2) La bordure nord-est du Vergoyer

### 1.2.1) Cycles IDSH 918 et 922

La durée du flot est légèrement supérieure ou égale à celle du jusant pour ces deux cycles. Les vitesses les plus élevées sont mesurées le plus souvent en jusant, avec un excès par rapport au flot atteignant jusqu'à 30 %. Pour des coefficients voisins de 70, les vitesses maximales du flot, en surface et près du fond, varient respectivement de 100 à 110 cm/s et de 75 à 85 cm/s ; celles du jusant de 110 à 125 cm/s et de 90 à 100 cm/s. En moyenne le flot subit une plus forte diminution d'intensité (24 %) avec la profondeur que le jusant (18 %). Le déséquilibre flot/jusant tend à s'accroître près du fond.

L'orientation préférentielle des courants de marée aux deux points considérés est de N20°-N200° en surface et de N20°-N190° à mi-profondeur. Le transit résultant moyen de la masse d'eau, près du fond, en IDSH 922 est de plus de 5 km/j vers l'Est.

### 1.2.2) Cycle IDSH 930

Les mesures effectuées en IDSH 930, à 5 m sous la surface, fournissent des directions très différentes de celles obtenues au cours des cycles IDSH 918 et 922. Le flot toujours plus long et moins intense que le jusant porte ici au Nord, alors que le jusant porte au N230°. Cette importante modification des directions de courant pourrait s'expliquer par un léger écart de positionnement, bien que ceci ne soit pas signalé par le S.H.O.M. La proximité immédiate du Vergoyer par rapport au site de mesure peut en effet occasionner, par un phénomène de réfraction, des perturbations importantes de la direction générale des courants d'un point de mesure à l'autre. Le transit résultant de la masse d'eau est dirigé vers le N290°, soit transversalement au Vergoyer. Le déplacement moyen de 21 km/j est très élevé. Pour un coefficient 95, les vitesses maximales, en flot et en jusant, atteignent 100 cm/s et 120 cm/s.

### 1.2.3) Cycle IDSH 20079

Contrairement aux mesures effectuées plus au Sud (cycles IDSH 918, 922, 930), les enregistrements obtenus sur ce site montrent une exceptionnelle prépondérance du flot sur le jusant. En effet, cette phase de courant est ici à la

64 cm/s, soit en moyenne une intensité double du flot par rapport au jusant. La direction préférentielle du premier est N10-15°, celle du second N210°. On doit donc s'attendre dans ce secteur à un transit résultant très important de la masse d'eau, et probablement des sédiments, dirigé vers le Nord.

### 1.3) La zone côtière

#### 1.3.1) Mesures effectuées dans le cadre de l'étude

##### a) Cycle Aa2

Au cours du cycle Aa2, les mesures ont été faites à 1 m du fond pour des coefficients de 34 à 38, à une profondeur proche de 25 m, dans un creux séparant deux vagues de sable de polarité Nord.

Les coefficients de la marée tendant à augmenter (revif) au cours de la période de mesure, les quatre phases de courant de marée (deux flots, deux jusants) montrent des vitesses maximales croissantes, successivement de 25, 30, 33 et 50 cm/s.

##### b) Cycle Aa3

Les valeurs maximales enregistrées avoisinent 60 cm/s. Après une renverse brutale, la vitesse du courant de jusant, dirigé vers le Sud, atteint 90 cm/s pendant plus d'une heure. Les deux phases de courant étant de durées pratiquement égales, le transit résultant de la masse d'eau est dirigé vers le SSE et atteint environ 4 km en 12 h.

Les mesures de courant du cycle Aa3 présentent une nouvelle fois un caractère original par la prépondérance du jusant sur le flot.

#### 1.3.2) Mesures effectuées par le S.H.O.M.

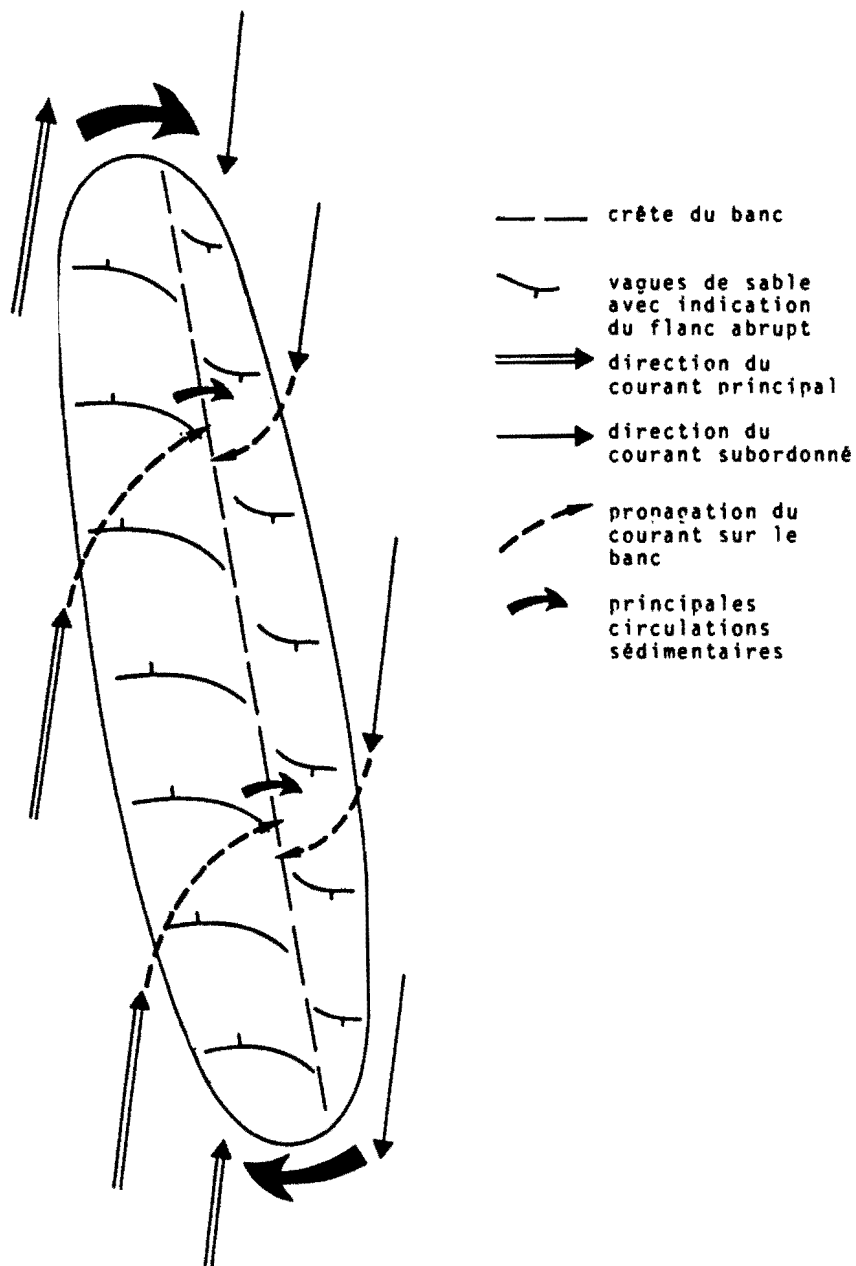
Les cycles IDSH 855, 920 et 928 montrent des vitesses de flot excédant en moyenne de 5 à 10 % les vitesses de jusant. L'orientation générale des courants en ces points est Nord-Sud.

## 2) Morphologie des corps sableux - Conséquences dynamiques

### 2.1) Les bancs

#### 2.1.1) L'exemple des bancs de la Mer du Nord

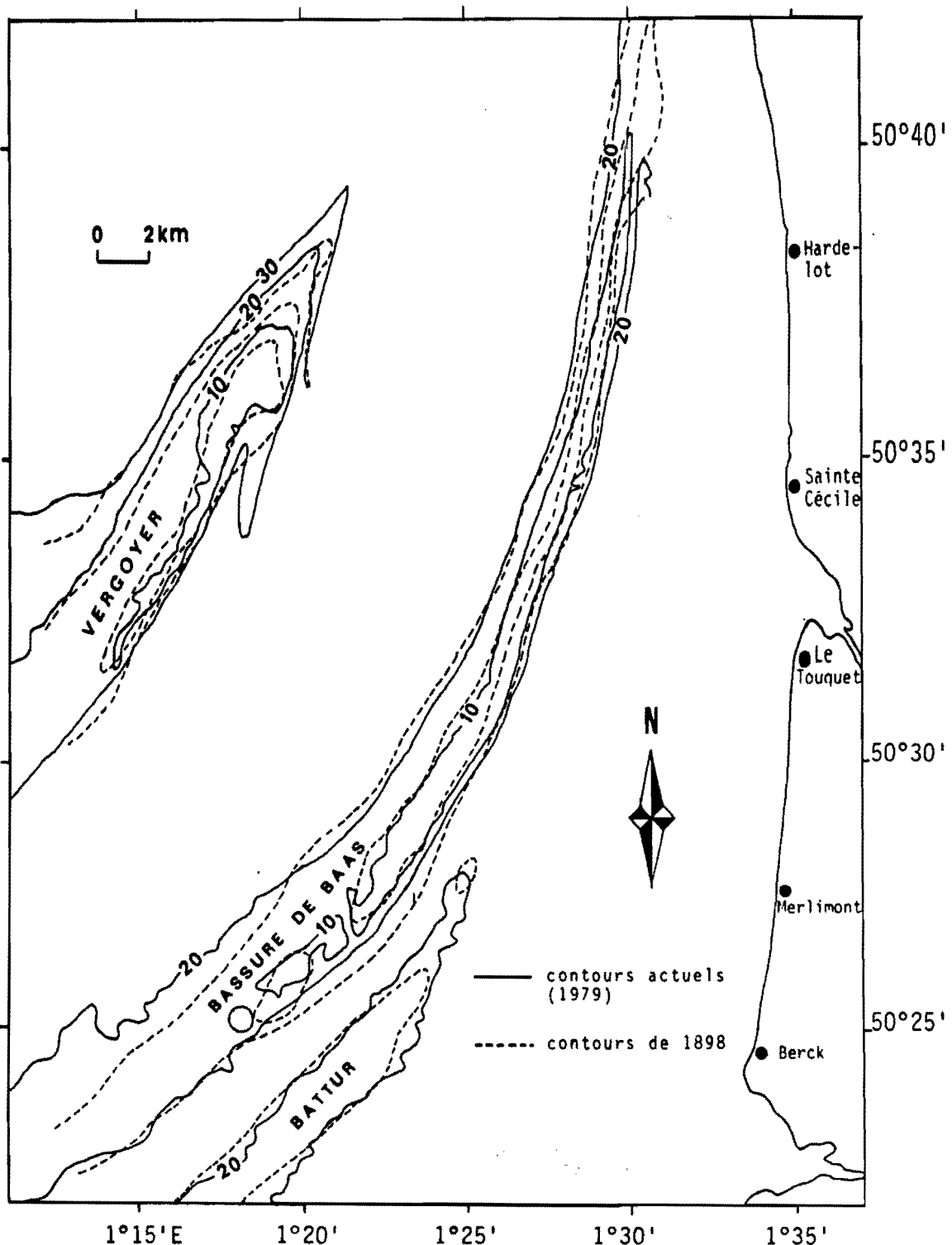
La plupart des bancs de la Mer du Nord correspond à un modèle proposé par de nombreux auteurs (Houbolt, 1968 ; Caston et Stride, 1970 ; Caston, 1972 ; Kenyon et al., 1981 ; McCave et Langhorne, 1982), et dont les principales caractéristiques sont schématisées sur la figure 20.





### 2.1.2) Les bancs du secteur d'étude

Il est intéressant de vérifier si ce modèle dynamique des bancs de la Mer du Nord impliquant des déplacement des édifices peut être appliqué aux bancs du secteur d'étude. Nous avons comparé les contours actuels des bancs donnés par le SHOM (carte n° 6 795, 1979) et ceux utilisés par Thoulet (1898) pour sa carte de nature des fonds (fig. 21). Une comparaison des minutes bathymétriques du SHOM de 1935 et de 1973-1977 a d'autre part été effectuée pour la Bassure de Baas.



### a) Le Vergoyer

La partie nord du Vergoyer montre un déplacement vers le NE estimé à 200 m en moins d'un siècle. L'évolution dynamique du Vergoyer pourrait ainsi être comparable à celle des bancs de la Mer du Nord.

### b) La Bassure de Baas

Les contours du banc montrent certaines évolutions entre 1898 et 1979. Au large d'Hardelot, on note une migration de la Bassure de Baas de 200 m vers la côte, en accord avec son asymétrie. Au large de Berck et de Merlimont, la migration se serait par contre effectuée vers le large, à contresens du mouvement théorique déduit de l'asymétrie du banc. Le manque de cohérence entre ces résultats s'explique probablement par l'incertitude inhérente aux levés anciens, surtout dans des secteurs où la présence de vagues de sable rend les corrélations délicates entre relevés de sonde.

Une migration globale de la Bassure de Baas vers la côte en accord avec son asymétrie paraît donc exclue, du moins à l'échelle du siècle. La confrontation des minutes de sonde du SHOM à 1/10 000 et 1/20 000 de 1935 et de 1973 et 1977 montre que les contours de la Bassure de Baas entre les latitudes 50°28' et 50°44' n'ont pas varié en près de 40 ans.

Contrairement au modèle proposé par les auteurs anglais pour les bancs de la Mer du Nord, selon lequel les transits sédimentaires autour et à la surface du banc se font pratiquement en circuit fermé, la Bassure de Baas constituerait un édifice sédimentaire en perpétuel renouvellement. Les particules sableuses qui transitent à sa surface s'inscrivent dans un mouvement de dérive générale, orienté vers le NE ou le Nord, et qui affecte la Manche orientale dans son ensemble (du Bassin de Dieppe au Cap Gris-Nez).

### c) Le Battur

La comparaison entre les contours bathymétriques de 1898 et de 1979 ne montre pas de déplacement notable du banc. Les levés les plus récents montrent une extension continue de l'isobathe 20 m jusqu'à la latitude de Merlimont. Par contre, les contours les plus anciens laissent supposer une dépression entre le corps principal du Battur et une zone haute délimitée par l'isobathe 20 m, située à cette même latitude. Cette modification peut ici encore s'expliquer par la présence de vagues

## 2.2) Les vagues de sable

### 2.2.1) Orientation des vagues de sable

Les vagues de sable du champ Sud et du champ côtier présentent une orientation cohérente, perpendiculaire à la direction générale des courants de marée. Par contre, l'incurvation très nette des vagues de sable du champ Nord (cf. fig. 9), observée à partir des sonogrammes ne peut s'expliquer par l'action des courants de marée. Il faudrait dans ce cas supposer des directions de courant variant de plus de 45° sur des secteurs distants d'environ 2 km.

### 2.2.2) Polarité des vagues de sable

Les vagues de sable reconnues dans cette étude peuvent être symétriques ou asymétriques. Dans le second cas, le flanc le plus abrupt est orienté vers le N ou le NE. Il existe cependant deux secteurs, à la terminaison du champ Nord et du champ Sud, où cette polarité est localement inversée sur plusieurs structures. Deux explications peuvent être proposées :

- La polarité des vagues de sable est un indicateur de l'action prépondérante du flot ou du jusant et reflète les directions résultantes de transport des sédiments.

- La polarité des structures est indépendante de l'action des courants de marée. Dans ce cas, l'asymétrie des vagues de sable pourrait refléter des conditions d'environnement contemporaines de la mise en place des structures.

## 2.3) Les mégarides

Contrairement aux vagues de sable, la direction et la polarité de ces structures secondaires sont directement influencées par l'action des courants au voisinage du fond.

### 2.3.1) Caractères généraux

A l'exception de particularités locales, la direction des mégarides est perpendiculaire à l'orientation générale des courants dans le secteur étudié, ce qui est conforme aux données bibliographiques. D'orientation WNW-ESE au Sud-Ouest de la zone, ces structures prennent progressivement une orientation W-E à mesure que l'on se rapproche de la côte et de la latitude du Cap d'Alprech. La polarité des

Des modifications locales de l'orientation générale des mégarides sont fréquentes dans les champs de vagues de sable. Elles s'orientent ainsi parfois de façon perpendiculaire à la crête des ridins, au voisinage immédiat (jusqu'à 25-50 m) de celle-ci. Ce phénomène se rencontre principalement sur le flanc le plus abrupt de la vague de sable. Il peut en effet se produire une réfraction du courant lorsqu'il franchit la crête des ridins, orientée de façon oblique. Les mégarides qui se développent à l'abri de cette crête sont alors soumises à un régime particulier de courants, perpendiculaires à obliques par rapport à la direction générale. L'orientation "normale" des mégarides à l'aval, dans le creux et sur le flanc amont de la vague de sable suivante, montre que cette perturbation du courant est très locale.

### 2.3.2) Polarité des mégarides

Les observations tirées des enregistrements sonar ou effectuées en plongée et par caméra vidéo sont rassemblées dans les tableaux 5, 6 et 7.

L'ensemble de ces observations montre que pour des coefficients de marée inférieurs à 60, la polarité des mégarides demeure le plus souvent inchangée, et conserve l'asymétrie que lui a donnée la dernière phase de flot ou de jusant suffisamment intense pour provoquer des déplacements sédimentaires. Avec l'élévation du coefficient de marée, et par conséquent de la vitesse des courants, la polarité des mégarides tend à s'inverser plus facilement. Les champs de vagues de sable constituent des sites particuliers où la polarité des mégarides est opposée sur chacun des deux flancs et est dirigée vers la crête de cette vague de sable.

date	secteur	coeff	phase de courant	polarité observée		
				N	sym	S
12/08/85-13/08/85	Alprech-Le Touquet (Champ Nord-Bassure de Baas)	37-51	2 flots 2 jusants	++	!	!
15/08/85 4H00	Le Touquet (Champ Sud-Bassure de Baas)	69	début de jusant		+	+
16/08/85 0H10-3H38	Champ Sud	75	flot	+	!	?
16/08/85 4H50-6H55	idem	75	début de jusant		!	?
17/08/85 0H35-2H3	Boulogne (Bassure)	86	flot	++	!	?
18/08/85 22H50-23H32	Boulogne (Bassure)	97	fin de jusant		!	++
19/08/85 0H20-1H36	Boulogne (Bassure)	99	début du flot	+	!	+
19/08/85 1446-5H19	Boulogne (Bassure)	99	flot	++	!	!

date	secteur	coeff	phase de courant	polarité observée		
				N	sym	S
09/10/86 18H30	Wimereux (Bassure)	67	étaie de flot	++		
10/10/86 7H00	Alprech (Bassure)	58	étaie de flot	++		
11/10/86 15H00	Flanc Nord du ridin du Touquet (cf. III-B-2-3-3)	44	étaie de jusant			++
12/10/86 10H00	idem	40	étaie de flot			++
12/10/86 17H00	Champ Nord (50°42'N)	40	étaie de jusant	+		++
				(flanc S)		(flanc N)
13/10/86 18H30	Boulogne (Bassure)	48	étaie de jusant			++
7 et 8/05/87	Le Touquet (champ côtier)	34-44	étales flot et jusant			++
27/05/87 10H30	Ridin Le Touquet	79	étaie de jusant			++
						(flanc N)
27/05/87 16h00	idem	79	étaie de flot	++		+
				(flanc S)		(flanc N)

Tabl. 6.- Observation de la polarité des mégarides en plongée.

date	secteur	coeff	phase de courant	polarité observée		
				N	sym	S
09/10/86 16H30-18H00	Wimereux (Bassure)	67	fin du flot	++		
11/10/86 15H32	Merlimont (Bassure-Battur)	40	étaie-début du flot	++		++
				(rides)		(mégarides)
12/10/86 11H50	fosse F2	40	début du jusant			+
12/10/86 13H18-13H35	fond de la fosse F3	40	jusant			++
13/10/86 17H15-17H40	champ Nord (50°42'N)	48	jusant			++
14/10/86 10H15-12H00	Wimereux (Bassure)	62	flot	++		

Tabl. 7.- Observation de la polarité des mégarides par caméra vidéo.

### 3) Confrontation des données courantologiques et morphologiques

L'ensemble des informations apportées par les mesures de courant et par la morphologie des structures sableuses est reporté sur la figure 22.

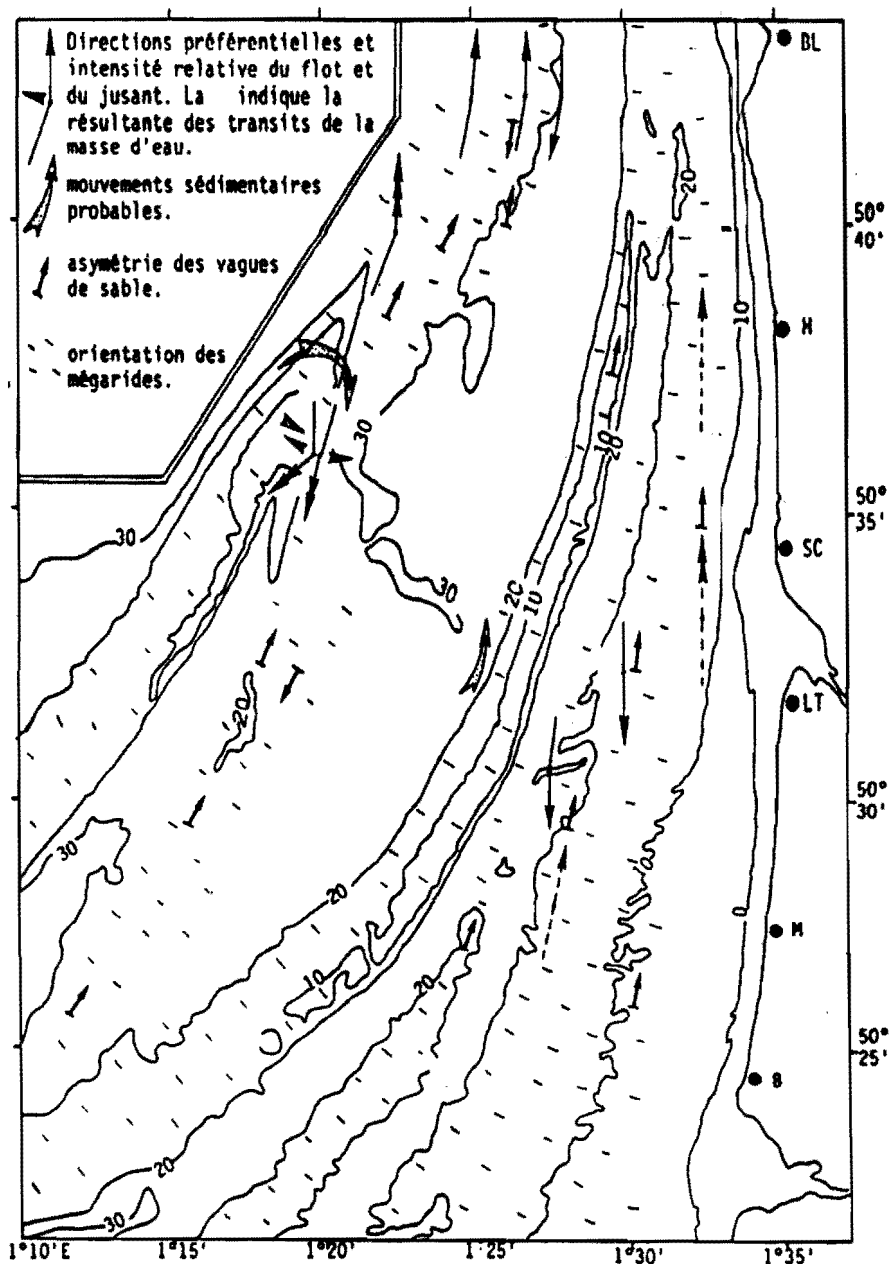


Fig. 22.- Dynamique hydrosédimentaire déduite des données courantologiques et de la morphologie des structures sédimentaires.

- Les mesures de courants sur la bordure nord-est du Vergoyer, ainsi que la morphologie de ce banc et des structures transverses associées, indiquent que les deux flancs du Vergoyer sont soumis préférentiellement à l'une des deux phases de courant : le flot ou le jusant. La formation de tels chenaux de courant amène à inclure ce banc dans le modèle proposé par certains auteurs pour les principaux bancs de Mer du Nord. La Bassure de Baas et le Battur, en revanche, se comportent comme des édifices à la surface desquels, les sédiments passent en transit du Sud vers le Nord.

- L'orientation générale des mégarides constitue un excellent indicateur de l'orientation préférentielle des courants de marée. La plupart des mesures de courants

de sable, qui diffère parfois de celle des mégarides associées ne constitue pas toujours un critère de déduction de l'orientation générale des courants. Cependant la polarité de ces structures majeures, qui ne peut s'inverser en fonction de l'alternance flot/jusant, constitue un indicateur important de la dominance, au cours du cycle de marée de l'une des deux phases, et probablement de l'orientation des transits sédimentaires résultants au point considéré. L'absence des mesures de courants précises et de longue durée sur les secteurs où les vagues de sable ont des polarités opposées ne permet cependant pas de confirmer cette hypothèse. On admettra, pour les deux secteurs situés à la terminaison nord des champs de ridins du large, l'existence de chenaux de flot et de jusant (fig. 22), comparables à ceux décrits pour les bancs.

#### 4) Déplacements sédimentaires dans la zone d'étude

Nous utiliserons dans cette étude l'équation de transport sédimentaire de Bagnold (1963) modifiée par Gadd et al. (1978) :  $q = \beta.(U - U_c)^3$

La concordance des mesures in situ et des calculs dépend du choix de  $\beta$  et de  $U_c$ . Il s'agit donc de calibrer cette équation à partir des observations effectuées sur la zone d'étude.

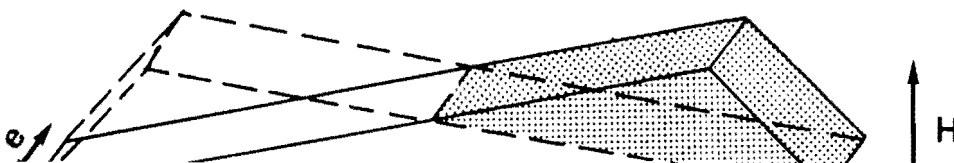
##### 4.1) Vitesses de courants nécessaires à l'inversion de polarité des mégarides

Nous avons constaté d'après les observations au sonar latéral, par caméra vidéo, et en plongée (cf. tabl. 5, 6, 7) que l'inversion de polarité des mégarides, formées de sable de grain moyen proche de 0,25 mm, commençait à s'effectuer pour des coefficients de l'ordre de 60. Les vitesses maximales de courant au fond, associées à de tels coefficients de marée, peuvent être estimées à 60 cm/s d'après les mesures réalisées sur la zone d'étude.

##### 4.2) Volume déplacé au cours de l'inversion de polarité des mégarides

Considérons une mégaride de taille moyenne avec une longueur d'onde  $L = 7$  m et une hauteur  $H = 0,4$  m. Le volume massique déplacé  $V_M$  (fig. 23) au cours de l'inversion de polarité d'une mégaride de largeur  $e = 1$  cm s'écrit :

$$V_M = L.H.e/4 \times 1,56 = 10\,920 \text{ g/cm. Soit environ } 11 \text{ kg/cm.}$$



#### 4.3) Calibrage de l'équation de Bagnold

L'intégration de l'équation de Bagnold sur un intervalle de temps de 6 h au cours duquel agit une phase de courant donne :

$$Q = 4/3 \pi \times 6 \times 3\,600 \beta \times U_{\max}^3 \times n$$

où : -  $6 \times 3\,600 \times U_{\max}^3 \beta$  serait le débit sédimentaire durant 6 h sous l'action d'un courant uniforme de vitesse maximale  $U_{\max}$ , et s'il n'y avait pas de seuil d'entraînement ;

-  $4/3\pi$  est la correction due à la forme sinusoïdale, non uniforme, de l'onde de vitesse de courant ;

-  $n(\%)$  peut être appelé l'effet de seuil, et décroît lorsque la valeur du seuil d'entraînement des particules sableuses (vitesse critique) croît.

Pour  $U_{\max} = 100$  cm/s et  $U_c = 17$  cm/s, il vaut environ 0,5.

L'application de cette formule pour  $U_c = 17$  cm/s ( $D = 0,25$  mm) et  $U_{\max} = 60$  cm/s, en considérant que cette vitesse est nécessaire et suffisante pour provoquer l'inversion de polarité d'une mégaride avec  $V_M = 10\,920$  g/cm en 6 h, donne :

$$\beta = 1,83 \cdot 10^{-5} \text{ g.cm}^{-4} \cdot \text{s}^{-2}$$

#### 4.4) Prévision des transports sédimentaires

Le calcul de  $\beta$  repose sur des données comportant un certain nombre d'approximations. Il ne s'agit donc pas ici, en l'absence de mesures de transports sédimentaires, d'en donner des valeurs précises, mais des ordres de grandeur.

Sachant que sur la zone d'étude, l'intensité du flot excède de 5 à 10 % l'intensité du jusant, on obtient pour un flot de 6 h et un jusant de 7 h les valeurs suivantes de débit pour différentes valeurs de vitesse (on prend  $U_c = 17$  cm/s) (tabl. 8).

FLOT		JUSANT		dQ
$U_{\max}$ (cm/s)	!QF (g/cm/6h)	$U_{\max}$ (cm/s)	!QJ (g/cm/7h)	(g/cm/13h)
60	10920	55	9682	2238
80	36826	75	32967	3659
115	144000	105	120415	23585



Ces quelques données montrent que les valeurs de débit sont davantage contrôlées par les valeurs de  $U_{\max}$  que par la durée de la phase de courant (Stride, 1973). Ainsi pour  $U_{\max}$  (flot) = 80 cm/s et  $U_{\max}$  (jusant) = 75 cm/s, la résultante de transport en faveur du flot est de 3,6 kg/cm en 13 h.

Une estimation du débit net annuel peut être proposée pour un coefficient moyen de marée de 70 en prenant les vitesses données ci-dessus (80 et 75 cm/s). Les durées du flot et du jusant, supposées constantes, sont considérées respectivement égales à 6 et 7 h.

Le transport résultant dirigé vers le Nord vaut ainsi :

$$245 \text{ T/m.an, soit encore } 156 \text{ m}^3/\text{m.an}$$

Notons que l'expérience de traçage radioactif effectuée sur la terminaison nord de la Bassure de Baas par le Commissariat à l'Energie Atomique en 1986 fournit une valeur proche de  $80 \text{ m}^3/\text{m.an}$  (C.E.A., 1987).

## 5) Mobilité des structures sédimentaires

### 5.1) Mobilité des mégarides

Le calcul montre que la distance de déplacement P d'une mégaride vaut :

$$P = 2(Q - V_M)/1,56.H.e$$

où Q est le volume sédimentaire total déplacé par le courant, calculé par l'équation de Bagnold et  $V_M$  le volume sédimentaire déplacé au cours de l'inversion de polarité d'une mégaride, H la hauteur de la mégaride, e sa largeur.

Sachant que dans notre exemple  $V_M = 11\ 000 \text{ g}$ ,  $H = 40 \text{ cm}$  et  $e = 1 \text{ cm}$ , on obtient les valeurs suivantes de P pour différentes valeurs de courant de flot ou de jusant (tabl. 9).

$U_{\max}$ (cm/s)	Q (g/cm) en 6 ou 7h	P (cm)	r = P/L
75 (7h)	32927	705	1
80 (6h)	36626	823	1,17
105 (7h)	120415	3509	5
115 (6h)	144000	4265	6

Tabl. 9.- Exemples de distances de déplacement des mégarides pour

Pour des vitesses voisines de 75 cm/s en jusant et de 80 cm/s en flot, le déplacement d'une mégaride au cours d'une des deux phases de courant est de 7 à 8 m. Le déplacement résultant, pour un cycle de marée de 13 h, excède 1 m vers le Nord, soit encore 675 m par an. Pour des vitesses voisines de 105 cm/s en jusant et de 115 cm/s en flot, le déplacement d'une mégaride au cours des deux phases de courant avoisine 40 m, soit 5 à 6 fois la longueur d'onde. Le déplacement résultant est en faveur du flot : en 13 h une mégaride se déplace globalement d'environ 7 m vers le Nord.

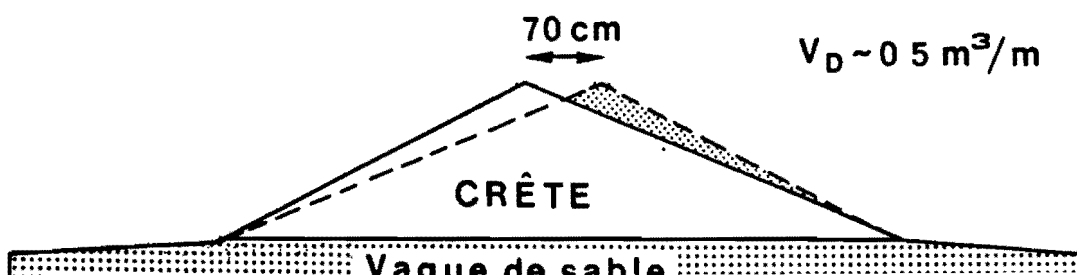
## 5.2) Mobilité des vagues de sable

La dynamique des vagues de sable dans le secteur d'étude a été abordée par la comparaison de relevés bathymétriques successifs et par la mesure des déplacements in situ. Il s'agit de résultats isolés destinés à poser le problème et à ouvrir de nouvelles perspectives de recherche.

### 5.2.1) La grande vague de sable du champ côtier

Nous avons planté un jalon sur la crête de l'édifice au cours d'une plongée. Le courant de flot avait débuté depuis plus d'une heure et dépassait 50 cm/s. Les particules sableuses entraînées par le courant, commençaient à franchir la crête pour tomber ensuite en avalanche sur le flanc abrité. Un dépôt de brique pilée mis en place au voisinage de la crête était façonné au bout de quelques minutes par des rides de courant parallèles à cette crête. 6 heures plus tard, à l'étale de flot, la crête avait progressé de 70 cm vers le Nord (fig. 24). Ce mouvement correspond approximativement à un déplacement de volume de la crête de  $0,5 \text{ m}^3/\text{m}$ . Nous n'avons malheureusement pas pu renouveler les observations à l'étale de jusant suivante et ne connaissons pas le mouvement éventuel résultant au bout de 12 h.

Par ailleurs, nous avons constaté que la crête de l'édifice se composait d'un sédiment fluant, apte à se déplacer sous l'action des courants, tandis que le sédiment du corps de la vague de sable beaucoup plus compact semblait, de ce fait, peu mobile.



### 5.2.2) Les vagues de sable du champ Nord

La précision du système radiolocalisation Sydélis a permis de réaliser à deux reprises, à 28 mois d'intervalle, le même profil bathymétrique. Ce profil est situé dans le domaine proximal du champ Nord et recoupe des vagues de sable de 6 à 8 m d'amplitude. Deux de ces structures présentaient en avril 1984 un profil transverse caractéristique avec une crête triple ou quadruple. En septembre 1986, la position et la forme de ces structures n'avaient pas varié (fig. 25). La superposition des deux enregistrements met en évidence l'absence de déplacements sédimentaires significatifs. On notera toutefois que les crêtes de ces structures sont très arrondies, ce qui tendrait à démontrer qu'elles sont peu actives. La profondeur atteint 40 m dans ce secteur, par conséquent les houles ont peu d'effet sur ces vagues de sable. Les données courantologiques sont insuffisantes et assez éloignées de ce secteur et ne permettent pas de savoir si l'une ou l'autre des phases de courants y est largement prépondérante.

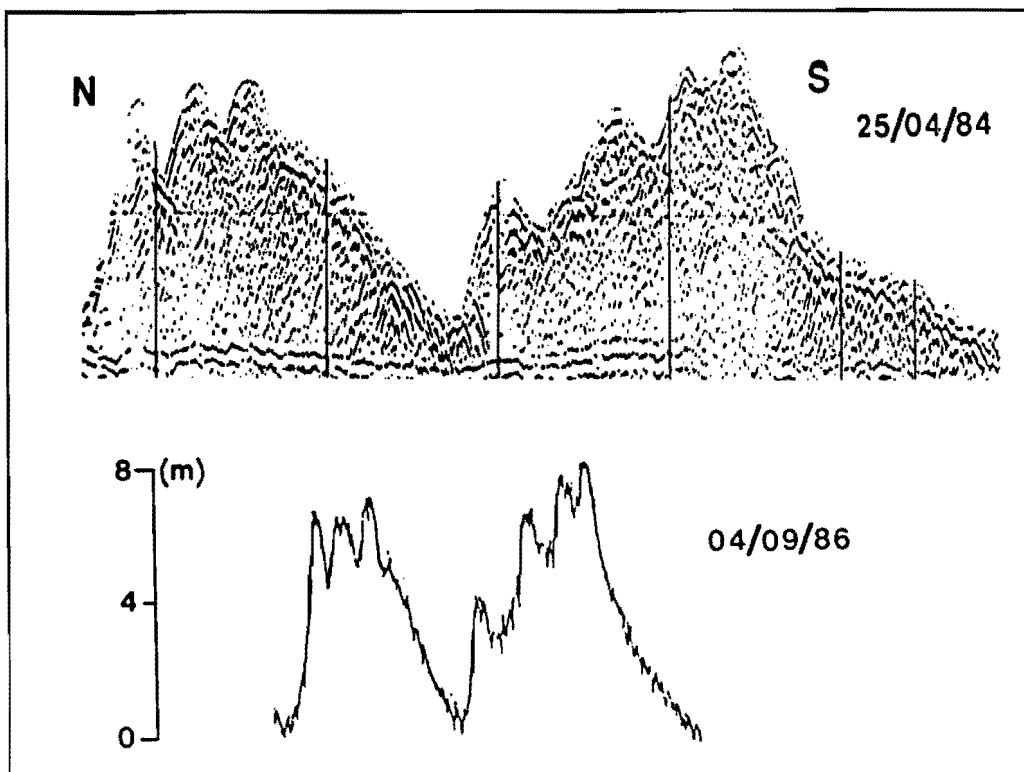


Fig. 25.- Comparaison de la morphologie de deux vagues de sable du champ Nord en avril 1984 et septembre 1986. (50°42'15"-1°26'95" à 50°42'45"-1°27'25")

Ces deux observations ponctuelles relatives aux vagues de sable semblent donc indiquer une faible mobilité des structures. Si les vagues de sable apparaissent par certains aspects comme des structures fossiles et ne subissent pas de mouvement en masse, la couche des sédiments superficiels est par contre le siège d'importants

## **B) DU CAP D'ALPRECH AU CAP BLANC-NEZ**

Trois types principaux de résultats ont été obtenus :

- Une **cartographie morpho-sédimentaire** des fonds sous-marins, regroupant plusieurs échelles d'observation. La carte des formations superficielles au large de Boulogne-sur-Mer (feuille Nord), co-éditée par IFREMER et la Région Nord - Pas-de-Calais, présente ces résultats à l'échelle de la carte marine du SHOM (1/43 400 à 50°50'N).

- Les principaux traits de la **dynamique sédimentaire** actuelle de la zone.

- Une évaluation de la **vitesse d'évolution des bancs sableux** (Banc à la Ligne - Partie septentrionale de la Bassure de Baas).

Ces trois groupes de résultats sont présentés successivement. En raison des différences morphologiques et des problèmes d'érosion spécifiques à la Baie de Wissant, deux sous-zones sont distinguées : Cap d'Alprech - Cap Gris-Nez, et Cap Gris-Nez - Cap Blanc-Nez (incluant la Baie de Wissant).

## I - CARTOGRAPHIE MORPHO-SEDIMENTAIRE

### 1) Du Cap d'Alprech au Cap Gris-Nez

#### 1.1) Morphologie

Situé immédiatement au nord de la zone Baie d'Authie - Cap d'Alprech décrite précédemment, et de même orientation sud-nord, ce domaine est caractérisé par le prolongement des grandes structures sableuses reconnues au sud de Boulogne, c'est-à-dire la partie septentrionale de la Bassure de Baas et la terminaison du champ de vagues de sable (ridins) nord. Entre ces bancs, on retrouve de vastes étendues caillouteuses. Cependant, de nombreuses particularités morphologiques différencient cette zone de la précédente :

- présence d'affleurements rocheux ;
- symétrie transversale de la Bassure de Baas ;
- allure effilée des terminaisons nord de la Bassure de Baas et du "champ de ridins" ;
- présence de figures sédimentaires peu fréquentes au sud : les rubans sableux et taches sableuses ;
- morphologie particulière du prisme littoral.

#### 1.1.1) Les affleurements rocheux

De Boulogne au Cap Blanc-Nez, le substratum rocheux affleure largement (cf. fig. 26). A proximité des côtes, le Jurassique, composé de grès de calcaires et de marnes est bien représenté. De vastes affleurements prolongent les falaises du Cap d'Alprech, du Cap de la Crêche, de la Pointe aux Oies et du Cap Gris-Nez.

Au large, plusieurs types d'affleurements ont été cartographiés :

- Certains, ne présentant pas d'orientation nette, correspondent soit à des niveaux durs du Jurassique à pendage horizontal, soit à des couches tendres (argiles et sables du Wealdien) localement érodées.

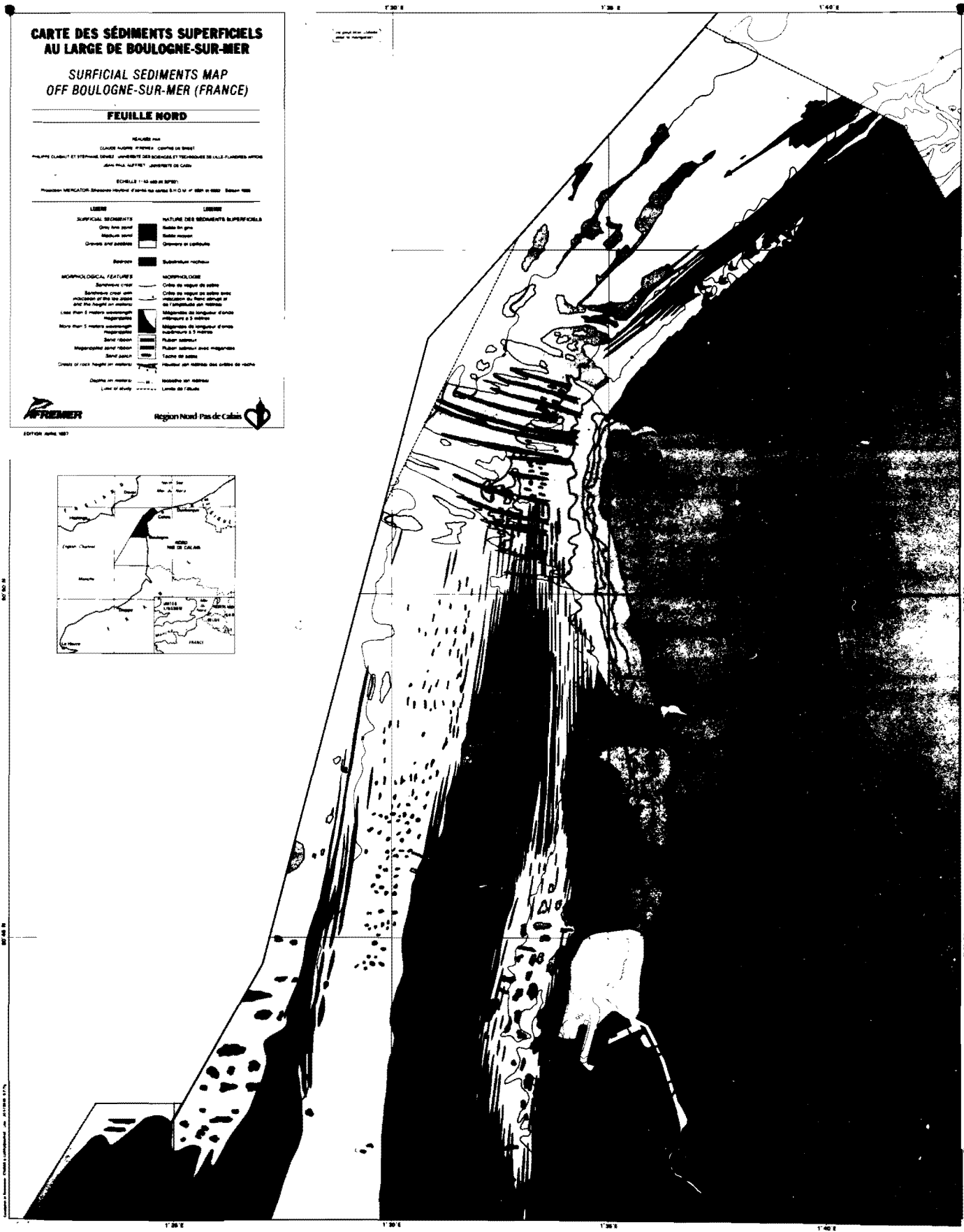


Fig. 26 : Carte des sédiments superficiels au large de Boulogne-sur-Mer. Feuille Nord.  
(éch. : 1/150 000)

- D'autres présentent une direction d'allongement WNW-ESE, conforme à la direction des structures connues à terre. Ils correspondent à des niveaux durs (grès et calcaires) du Jurassique, légèrement inclinés. Les niveaux tendres (argiles et marnes) séparant ces bancs subissent une érosion différentielle et forment des dépressions peu marquées : leur profondeur est inférieure à 1 m.

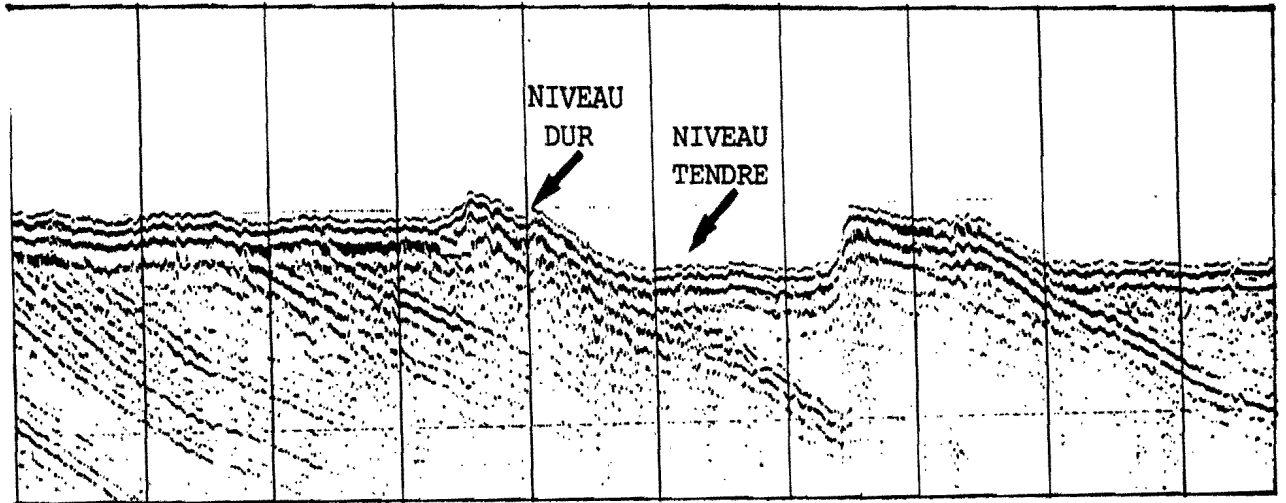


Fig. 27 : Profil de sismique-réflexion montrant les phénomènes d'érosion différentielle dans les couches du Jurassique.

Aux abords du Cap Gris-Nez (fig. 27), des bancs durs redressés (leur pendage réel est voisin de  $10^\circ$ ) forment des crêtes rocheuses dont la hauteur maximale atteint 10 m. La hauteur de ces crêtes diminue vers le large (cf. fig. 28).

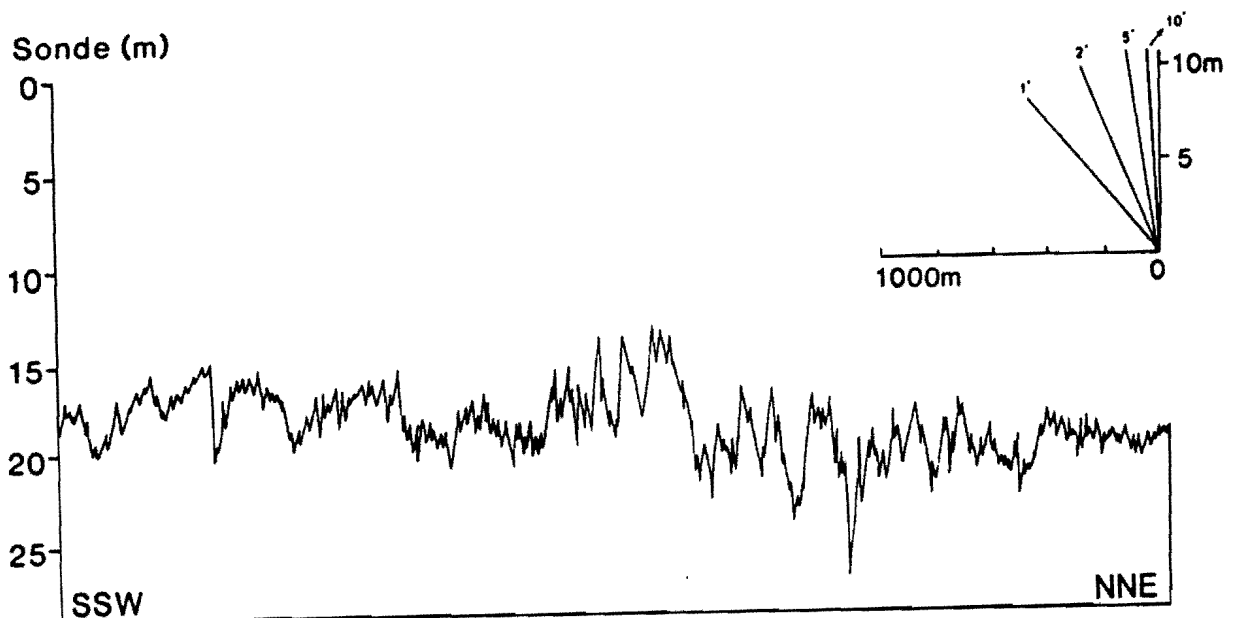


Fig. 28 : Profil bathymétrique des affleurements rocheux au large du Cap Gris-Nez. (Exagération verticale x 65).

### 1.1.2) Morphologie de la Bassure de Baas

La partie nord de la Bassure de Baas ne présente pas la dissymétrie transversale caractéristique des bancs sableux tels que le Vergoyer, son profil transversal est assez symétrique, particulièrement à la latitude de Boulogne, où les vagues de sable sont absentes (cf. rapport IFREMER - Région Nord - Pas-de-Calais, 1986).

La carte des sédiments superficiels montre que de part et d'autre de cette zone, les vagues de sable couvrent la majeure partie de la Bassure de Baas. Ces figures transversales de courant, de hauteur comprise ici entre 2 et 5 m, se répartissent en 3 familles distinctes situées respectivement sur le flanc externe, le sommet et le flanc interne (côtier) du banc (fig. 26).

La direction générale de leurs crêtes est W-E, mais peut varier légèrement d'une famille à l'autre. En particulier, sur le flanc interne du banc, les crêtes de vagues de sable ont une forme arquée, proche des barkhanes de la Baie de Wissant.

L'ensemble des vagues de sable présente une dissymétrie vers le nord (cf. rapport IFREMER - Région Nord - Pas-de-Calais, 1986) dans le sens de la résultante des courants.

A la latitude d'Audresselles, la largeur de la Bassure de Baas diminue. Ceci confère un aspect effilé à la terminaison de Banc, renforcé par la présence de rubans sableux.

Cette observation s'applique aussi à la terminaison du "champ de ridins nord", à la latitude de Boulogne.

### 1.1.3) Les rubans sableux et taches sableuses

Les minces épandages de sédiments grossiers, graveleux et caillouteux (d'épaisseur voisine de 1 m, mesurée par carottage) qui affleurent de part et d'autre de la Bassure de Baas, sont masqués localement par des sédiments fins sableux. Ceux-ci s'organisent en deux types de figures sédimentaires : les **rubans sableux** et les **taches sableuses** (cf. rapport décembre 1986).

- Les **rubans sableux** sont des figures longitudinales de courant. Leur largeur peut varier de quelques mètres (en périphérie de Bassure de Baas par exemple) à 200 m (en terminaison du champ de ridins) ; leur longueur peut atteindre 2 à 3 km (sur le flanc interne de la Bassure de Baas, à la latitude d'Ambleteuse) (fig. 26). Leur épaisseur varie de quelques centimètres (observation de plongée, entre la Bassure de Baas et Boulogne) à plus d'1 m (mesure par carottage en terminaison du champ de ridins). Ils se répartissent essentiellement en périphérie et à la terminaison de



Leur orientation générale est S-N, mais des variations apparaissent selon la localisation :

. En terminaison du champ de ridins et sur le flanc externe de la Bassure de Baas, ils sont légèrement déviés vers l'E.

. Entre la Bassure de Baas et la côte, la direction des rubans s'infléchit de manière à maintenir une orientation parallèle au trait de côte :

- . déviée vers l'E entre le Cap d'Alprech et Wimereux ;
- . sud-nord de Wimereux à Ambleteuse ;
- . déviée vers l'W au nord d'Ambleteuse.

De ce fait, on observe une "convergence" des rubans sableux en terminaison de la Bassure de Baas.

Les relations entre rubans sableux et bancs voisins sont variables. Certains rubans semblent "sortir" du banc, alors que d'autres semblent plutôt "rentrer" dans le banc. Ceci pourrait traduire dans le premier cas une alimentation du ruban par le sédiment du banc, et dans le second un approvisionnement du banc par le ruban.

- Les **taches sableuses**, figures de forme quelconque, ont été observées au large de la Bassure de Baas, de la latitude Boulogne-sur-Mer à celle d'Audresselles.

Leur taille est assez faible : quelques dizaines de mètres de diamètre, leur épaisseur, supposée faible (< 1 m) permet néanmoins la mise en place de mégarides à leur surface.

Leur principale particularité est une tendance à l'allongement selon un axe sud-nord, plus accentuée à mesure qu'on se dirige vers le Nord. Cette évolution géométrique suggère un passage progressif des taches sableuses à des rubans sableux.

#### 1.1.4) Le talus littoral

Du Cap d'Alprech au Cap Gris-Nez, le passage du domaine littoral au domaine marin ne se fait plus par l'intermédiaire d'un talus sédimentaire à pente douce et régulière, comme au sud, mais par une zone à morphologie très variable.

Au niveau des affleurements rocheux du Cap d'Alprech et d'Audresselles, le talus littoral est abrupt. Du Cap de la Crèche à Wimereux, le talus se prolonge vers le large par un domaine sableux, présentant un aspect en dôme. Cette structure s'apparente à un petit banc sableux, qui s'appuie sur les affleurements rocheux côtiers (fig. 26)

#### 1.1.5) Les traces artificielles

de Baas : Au sonar latéral, ils se présentent comme des amas de couleur sombre de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de diamètre, reposant sur le sable clair du banc.

Une prospection vidéo permet d'identifier dans ces rejets des blocs de vase compactée de taille décimétrique (liés au mode de dragage), de galets mous de vase de taille centimétrique, mais aussi des débris divers : câbles, poutrelles métalliques.

### 1.2) Caractéristiques sédimentologiques :

La carte des sédiments superficiels nous permet d'identifier cinq domaines, parallèles à la côte : ce sont, de la côte vers le large :

- le "prisme littoral" sableux ;
- la zone des rubans "côtiers" ;
- le Banc de la Bassure de Baas ;
- la zone des rubans sableux et taches sableuses "du large", entre la Bassure de Baas et la terminaison du champ de ridins ;
- la terminaison du champ de ridins.

La granularité des sédiments de chaque domaine est présentée en figure 29. Outre les sédiments graveleux (de taille 2 mm à 2 cm) et caillouteux (de taille supérieure à 2 cm), qui constituent le support des rubans sableux et taches sableuses, quatre types principaux de sédiments ont été observés.

En fonction de la taille de la fraction granulométrique dominante et des valeurs des principaux indices (grain moyen, médiane, indice de classement  $S_o$  de Trask), ils se différencient en :

- sables fins, qui comportent plus de 50 % de grains de taille inférieure à 200  $\mu\text{m}$  ;
- sables moyens comportant plus de 50 % de grains de taille comprise entre 200 et 315  $\mu\text{m}$  ;
- sables moyens comportant plus de 50 % de grains de taille comprise entre 315 et 500  $\mu\text{m}$  ;
- sables grossiers contenant plus de 50 % de grains de taille comprise entre 500  $\mu\text{m}$  et 2 mm.

A noter que l'ensemble des sédiments naturels prélevés contient pas ou peu de particules fines (de taille inférieure à 63  $\mu\text{m}$ ) : leur teneur atteint au maximum 3 %.

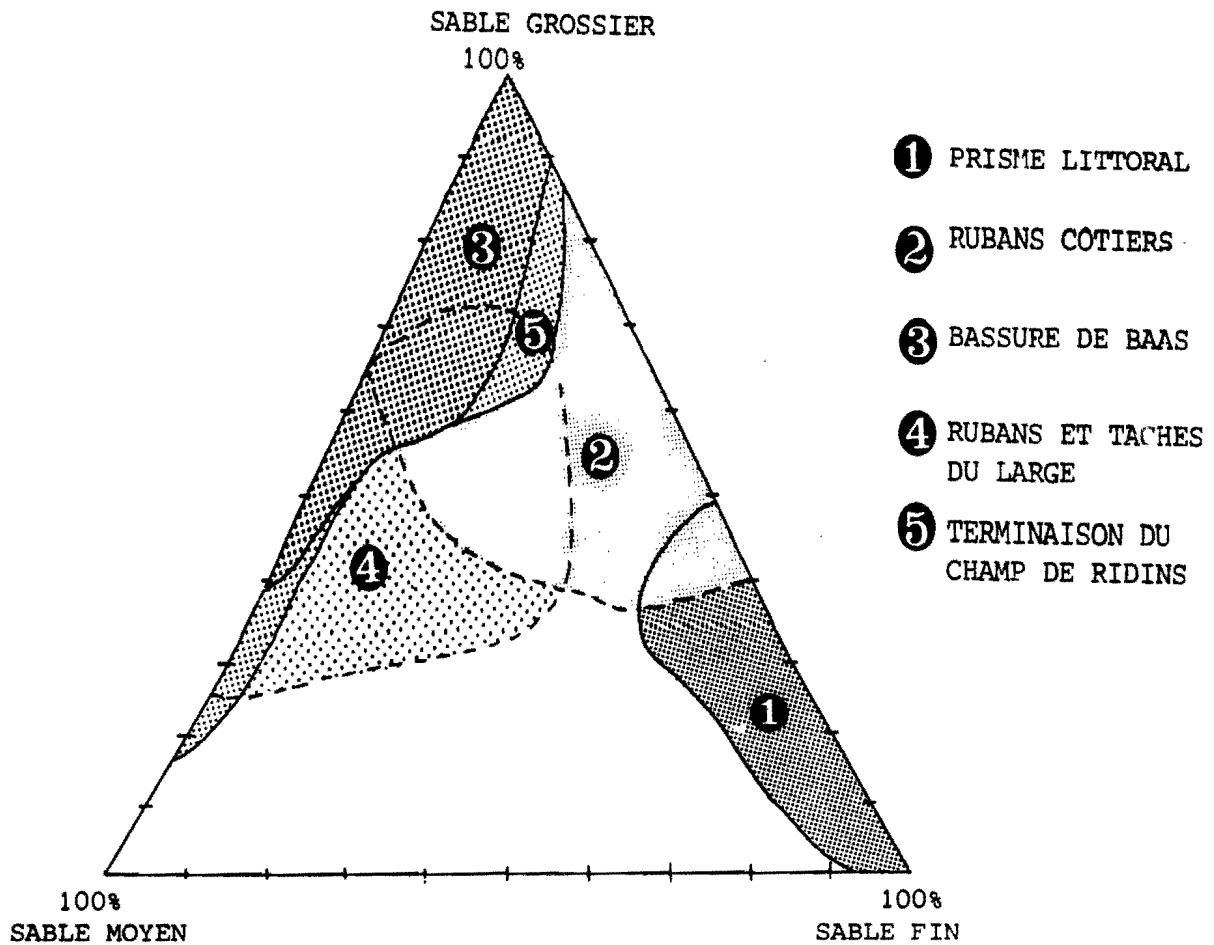


Fig. 29 : Granularité des sédiments de la zone Boulogne Cap Gris-Nez.

### 1.2.1) Le prisme littoral sableux

Il est composé de sables fins (160-200  $\mu\text{m}$ ) et moyens (200-315  $\mu\text{m}$ ).

- Les sables fins sont localisés à proximité immédiate de la côte. Ils occupent une bande étroite parallèle à la côte au Sud de Boulogne, et la face "interne" du petit banc côtier, au Nord de Boulogne (cf. fig. 26). Leurs caractéristiques principales sont : une faible teneur en carbonates (environ 10 %), un grain moyen et une médiane inférieurs à 200  $\mu\text{m}$  et un classement bon à très bon (So de 1,10 à 1,20).

- Les sables moyens (200-315  $\mu\text{m}$ ) se rencontrent le long de la digue sud du port de Boulogne (digue Carnot) et sur la face externe du banc côtier. Ils se caractérisent par des teneurs en carbonates de 10 à 20 % (sauf à proximité immédiate des roches, où elle peut atteindre 30 %), un grain moyen, une médiane et un indice de classement variables en raison notamment de graviers ou de coquilles peu fragmentées.

### 1.2.2) Les rubans sableux "côtiers"

Entre le talus littoral et la Bassure de Baas, les sédiments sont variés et le plus souvent mal classés. Leur éventail granulométrique s'étend des sables fins aux cailloutis.

En raison de la faible épaisseur de ces structures, les échantillons prélevés à la benne se composent souvent de deux fractions disjointes :

- le sable qui constitue le ruban ;
- le gravier ou cailloutis de base.

Ces deux stocks se différencient nettement sur un histogramme ou une courbe cumulative (fig. 30).

La fraction sableuse elle-même est, dans certains échantillons, composée de deux stocks granulométriques principaux.

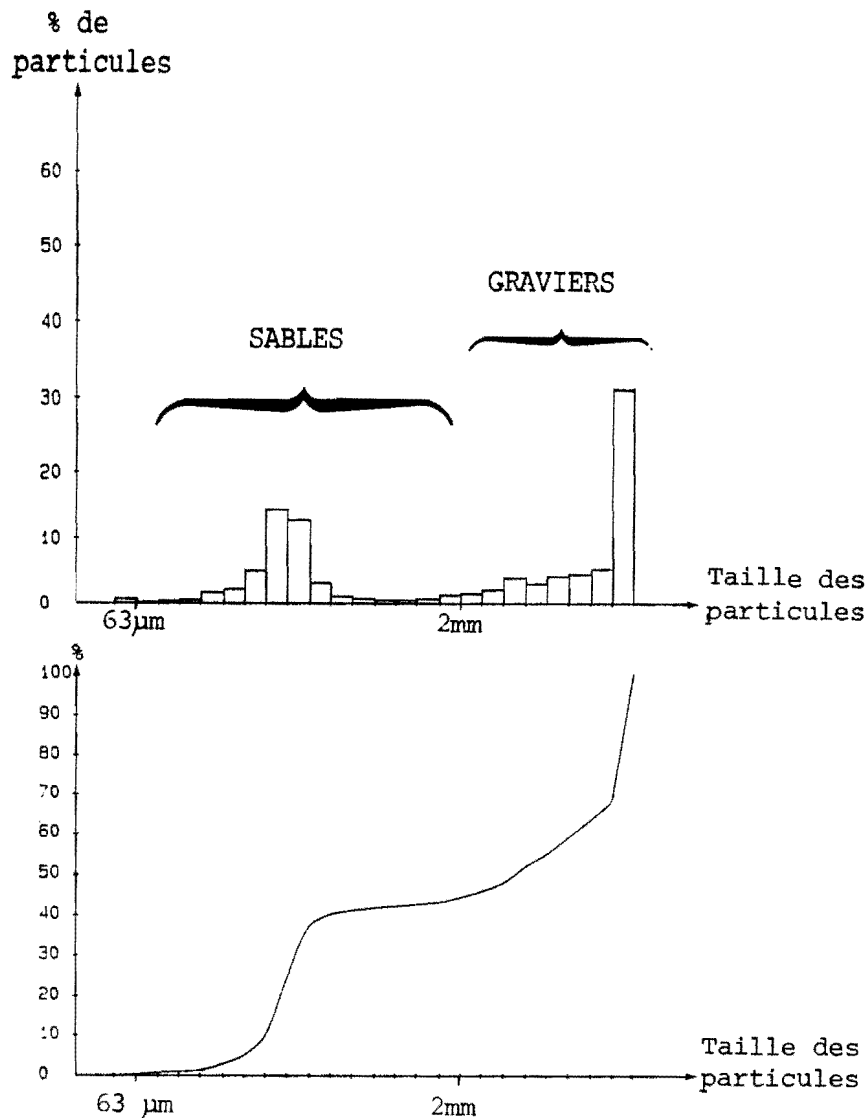


Fig. 30 : Histogramme et courbe cumulative d'un échantillon prélevé dans un ruban sableux.

### 1.2.3) La Bassure de Baas

Ce banc est essentiellement composé de sables moyens (200-500  $\mu\text{m}$ ), contenant 10 à 35 % de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

Une zonation transversale apparaît nettement :

- les sables 200-315  $\mu\text{m}$  occupent le flanc externe et le sommet ;
- les sables moyens 315-500  $\mu\text{m}$  occupent le flanc interne.

A noter qu'aucune variation granulométrique longitudinale n'est observée. En particulier la granularité est identique sur le sommet et dans les creux des vagues de sable d'une même famille.

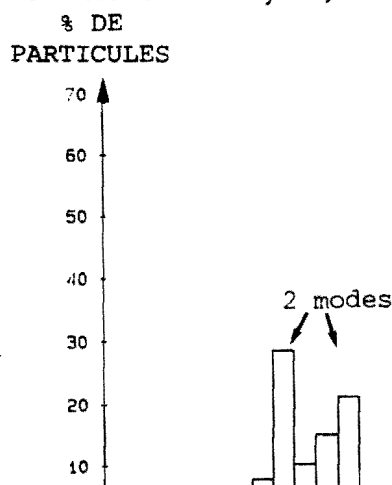
Dans les rubans situés à la terminaison de la Bassure de Baas, on retrouve les deux types de sable moyen. Les teneurs en carbonates peuvent atteindre 45 %.

### 1.2.4) Les rubans sableux et taches sableuses "du large"

Comme dans la zone des rubans côtiers, l'éventail granulométrique est large. Il comporte principalement des sables moyens (200-500  $\mu\text{m}$ ), des sables grossiers et des graviers, et diffère de celui de la zone précitée par une relative pauvreté en sables fins (160-200  $\mu\text{m}$ ).

Les sédiments prélevés dans les rubans situés en bordure du flanc externe de la Bassure de Baas sont des sables moyens (200-315  $\mu\text{m}$ ), identiques à ceux du banc. On retrouve ici la bimodalité de la fraction sableuse, déjà observée dans les rubans côtiers (fig. 31).

Trois carottes de la mission Granor (BL 11, BL 26, BL 27) ont recoupé des taches sableuses. L'épaisseur de ces structures a ainsi pu être déterminée : elle varie de 30 à 95 cm. Dans chacune de ces carottes, on note une évolution granulométrique comparable : les sables fins du sommet passent de manière plus ou moins continue à des sables moyens, voire grossiers, vers le bas.



### 1.2.5) La terminaison du champ de ridins

Elle est composée de sables moyens à grossiers, de couleur beige, dont la teneur en carbonate varie de 10 à 60 %.

Les cinq carottes (BL 11, 13, 23, 25, 29) de la mission "Granor" montrent l'épaisseur importante de ces rubans, nettement supérieure à celle des rubans observés en bordure de la Bassure de Baas. Dans la carotte 25 par exemple, l'épaisseur du ruban atteint 2 m. De plus, on observe, comme dans les taches sableuses, une évolution granulométrique remarquable : le sédiment est de plus en plus grossier vers le bas (fig. 32).

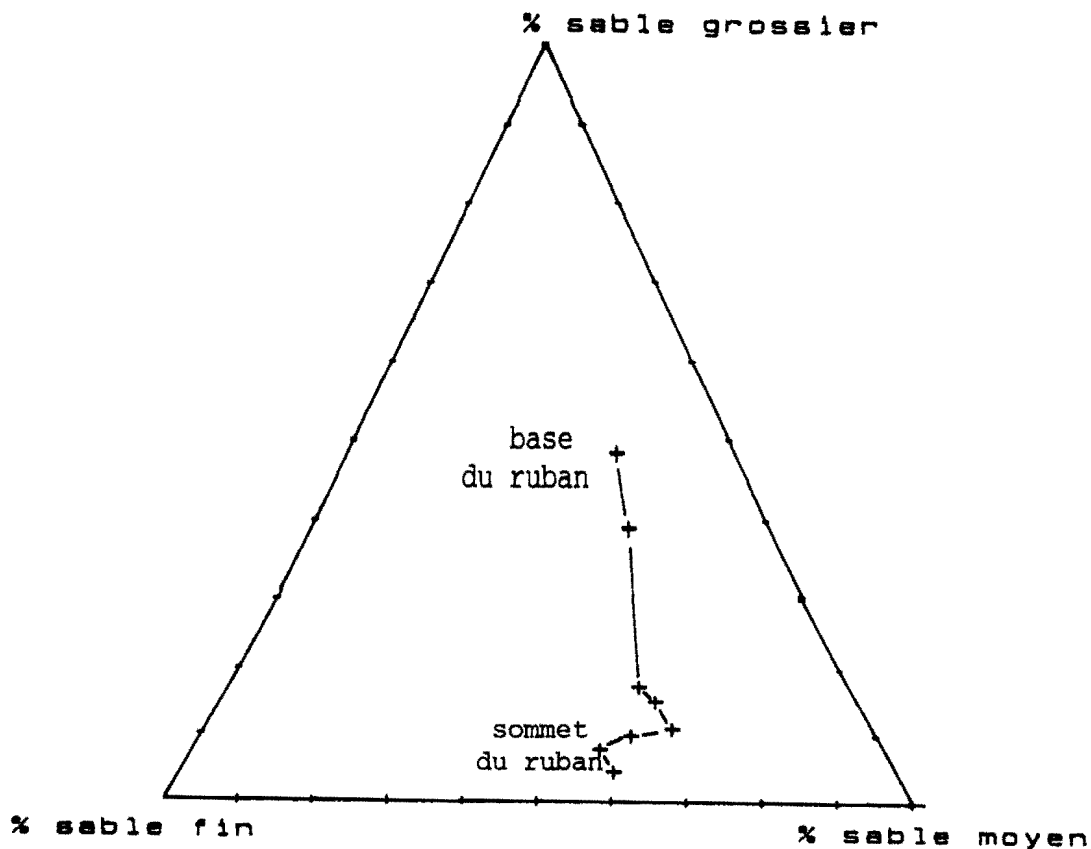


Fig. 32 : Evolution granulométrique verticale dans un ruban de la terminaison du champ de ridins nord.

### 2) Du Cap Gris-Nez au Cap Blanc-Nez

Au-delà du Cap Gris-Nez, la côte s'oriente brutalement W-E jusque Wissant, puis SW-NE jusqu'au Cap Blanc-Nez.

#### 2.1) Morphologie

La caractéristique principale du milieu sous-marin est la présence du

haut-fond de dimensions réduites (3,5 Km de long ; 2 km de large) constitue le prolongement immergé d'un domaine littoral soumis à une sévère érosion marine à l'Ouest de Wissant (cf. rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, décembre 1985).

### 2.1.1) Les affleurements rocheux

La Baie de Wissant est entaillée dans les formations tendres du Crétacé inférieur. On observe, au large du Banc à la Ligne, de nombreux affleurements de roche tendre, d'âge wealdien (cf. fig. 26).

A la limite nord-orientale de la zone, les affleurements rocheux des Gardes, des Quenocs et du Rouge-Riden constituent aussi des reliefs importants (5 à 8 m de hauteur). Composés de grès verts d'âge albo-aptien, ils ont été moins érodés que la craie environnante.

### 2.1.2) Au large de la Baie de Wissant

Sur ce plateau faiblement incliné vers le large, de profondeur variant de 15 à 35 m, l'isobathe 20 m matérialise la limite entre deux domaines :

- les cailloutis du large, dont la taille atteint couramment 15 cm ;
- les rubans sableux et vagues de sable isolées, qui s'étendent selon une direction SW-NE, parallèle à la côte, entre l'isobathe 20 m et le Pied du Banc à la Ligne.

Ces vagues de sable isolées présentent une dissymétrie marquée vers le NE (cf. rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, décembre 1986).

Remarque : Des traces d'une exploitation de granulats marins antérieure à 1881 sont encore visibles au large de la Baie. Elles se présentent sous forme de sillons tracés dans le sédiment grossier.

### 2.1.3) La Baie de Wissant

Elle est essentiellement occupée par le Banc à la Ligne, qui, étant soudé à la côte, présente une morphologie particulière :

- Le flanc externe du banc, entre les isobathes 5 et 15 m, est plus abrupt à proximité du Cap Gris-Nez (pente maximale 6,5 %) qu'aux abords de Wissant (pente 1 %).

- Le sommet du Banc à la Ligne, proche du zéro hydrographique vers le Cap Gris-Nez s'approfondit progressivement vers le Nord-Est. Devant Wissant,

- La partie "interne" du Banc, entre la limite des basses mers (0 hydrographique) et la partie sommitale du Banc, se présente comme une gouttière inclinée vers le NE. Etroite et peu marquée vers le Cap Gris-Nez, elle s'élargit et s'accroît vers Wissant. Vers le NE, elle se prolonge en une dépression plus marquée.

La partie la plus élevée du Banc à la Ligne est quasiment dépourvue de vagues de sable. Celles-ci deviennent abondantes sur la "Barrière" et à l'extrémité orientale du Banc à la Ligne. Leur orientation diffère nettement de celle des structures reconnues au large : elle est plutôt W-E, avec une dissymétrie marquée vers l'Est.

## 2.2) Caractéristiques sédimentologiques

### 2.2.1) Au large de la baie

- Dans le domaine des cailloutis du large, la seule structure sableuse est le panache sableux ("wreck mark") qui s'étend, sur une longueur de 3 km, en arrière de l'épave d'un cargo. Ce panache est composé de sable moyen 250-315  $\mu\text{m}$ .

- Les rubans sableux et vagues de sable situés en pied de banc sont composés de sables moyens 315-500  $\mu\text{m}$ .

- Des sables fins (160-200  $\mu\text{m}$ ) ont été prélevés au pied du Banc à la Ligne, à proximité du Cap Gris-Nez lors d'un des deux échantillonnages. Leur présence sera discutée dans le chapitre II.

### 2.2.2) La Baie de Wissant

Quatre types de sédiments, comparables à ceux définis entre le Cap d'Alprech et le Cap Gris-Nez, ont été différenciés. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

- Les sables fins, comportant plus de 50 % de grains de taille inférieure à 200  $\mu\text{m}$ , marqués par un grain moyen et une médiane inférieure à 200  $\mu\text{m}$ , ainsi que par un très bon classement (So de 1,10 à 1,15).

- Les sables moyens contenant plus de 50 % de grains de taille comprise entre 200 et 315  $\mu\text{m}$  et dont le grain moyen et la médiane varient de 200 à 250  $\mu\text{m}$ . Ils sont bien à moyennement classés.

- Les sables moyens contenant plus de 50 % de grains de taille comprise entre 315 et 500  $\mu\text{m}$  (So de 1,16 à 1,42), dont le grain moyen et la médiane sont supérieurs à 250  $\mu\text{m}$ . Ils sont également bien à moyennement classés.

- Les sables grossiers, contenant plus de 50 % de grains de taille comprise



Les sables fins ( $< 200 \mu\text{m}$ ) et moyens ( $200-315 \mu\text{m}$ ) composent la plus grande partie du Banc à la Ligne et de l'estran. Leur répartition respective varie à l'échelle saisonnière sous l'action des houles de tempête (cf. rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, décembre 1986).

Les sables moyens ( $315-500 \mu\text{m}$ ) composent les vagues de sable de la Barrière, alors que les sables grossiers, graveleux à caillouteux occupent la partie la plus déclive du flanc externe du Banc à la Ligne.

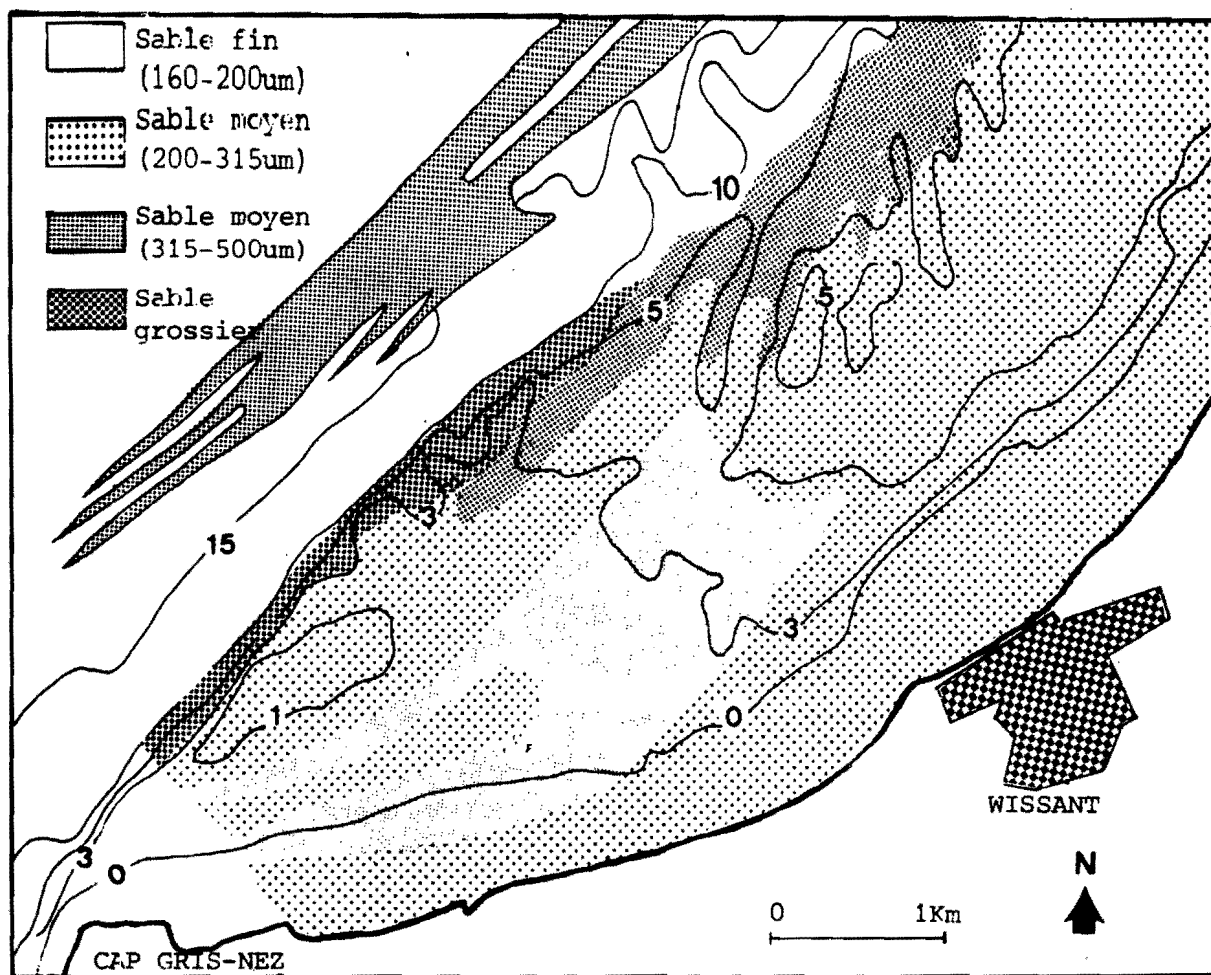


Fig. 33 : Granularité des sables de la Baie de Wissant (mars 1985).

**Résumé :** Entre Boulogne et le Cap Gris-Nez, l'ensemble des structures sédimentaires présente une orientation Sud-Nord. Les sédiments sableux ne montrent pas d'évolution selon cette direction, mais plutôt une zonation transversale W-E. Du Cap Gris-Nez au Cap Blanc-Nez, les structures sédimentaires sont orientées du SW vers le NE au large et de l'W vers l'E sur le banc. Le changement d'orientation de la côte au niveau du Cap Gris-Nez s'accompagne donc d'un changement

## II - DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

### 1) Du cap d'Alprech au cap Gris-Nez

Cette zone est caractérisée par un transit résultant des sédiments du Sud vers le Nord. Ce transit, mis en évidence de manière qualitative par l'analyse des sonogrammes (polarité des structures sédimentaires) ainsi que par des mesures de courants en surface et au voisinage du fond, a été quantifié par un suivi de traceurs radioactifs (cf. Rapport CEA/SAR, octobre 1987).

1.1) Etude de la polarité des structures sédimentaires (cf. Rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, décembre 1986)

L'observation de figures sédimentaires telles que les rubans sableux, les marques d'obstacles et les vagues de sable à l'aide du sonar latéral apporte des renseignements précis sur la direction et le sens du transit sédimentaire.

a) L'orientation des rubans sableux donne seulement une indication de direction du transit, le sens ne pouvant être déterminé que par la polarité des mégarides, réversibles à l'échelle du cycle de marée. L'orientation des rubans nous montre, du Cap d'Alprech au Cap Gris-Nez, un transit légèrement différent de part et d'autre du Banc de la Bassure de Baas (cf. p. 65) :

- Les rubans côtiers (entre la Bassure de Baas et la côte) présentent une direction strictement parallèle à la côte, de la latitude de Boulogne à celle d'Audresselles. Ceci montre l'influence de la côte sur la direction des courants et des structures sédimentaires.

- Les rubans du large et de la terminaison du Champ de ridins ont au contraire une orientation constante, légèrement déviée vers le NE par rapport à un axe N-S. L'influence de la côte sur les courants semble donc s'étendre jusqu'à la Bassure de Baas. Au large de celle-ci, elle disparaît.

b) Au sein des rubans, mais aussi en bordure de la Bassure de Baas, des marques d'obstacles observées en aval d'épaves ou de blocs, autant en domaine graveleux que sableux permettent de déterminer le sens Sud-Nord du transit.

c) Sur la Bassure de Baas, la polarité des vagues de sable (en général asymétriques vers le N) permet de confirmer ce résultat.

1.2) Les courants de marée :

a) En surface : cinq sites ont fait l'objet de mesures courantologiques de surface par le S.H.O.M. (Tabl. 10)

Index	Latitude	Longitude	Immersion	Coefficients de marée	Localisation
IDSH 875	50°45'4.N	1°31'1.E	5 m	45-70	Bassure de Baas en face de Boulogne
IDSH 929	50°48'7.N	1°33'1.E	5 m	45	Bassure de Baas face Ambleteuse
IDSH 873	50°48'6.N	1°33'1.E	5 m	95	Bassure de Baas face Ambleteuse
<F> carte marine SHOM	50°44'6.N	1°30'4.E	5 m	45-95	Pied externe Bassure de Baas en face de Boulogne
<B> carte marine SHOM	50°53'5.N	1°31'5.E	5 m	45-95	Large Cap Gris-Nez

Tabl. 10 : Inventaire des données courantologiques de surface du S.H.O.M. entre le Cap d'Alprech et le Cap Gris-Nez.

Index	FLOT		JUSANT	
	vitesse (m/s)	direction	vitesse (m/s)	direction
IDSH 875	0,8	354°	0,7	183°
IDSH 929	0,7	345°	0,6	181°
<F>	0,7	012°	0,65	192°
<B>	1	025°	0,95	209°

Tabl. 11 : Vitesse maximale et direction des courants de surface entre Boulogne et le Cap Gris-Nez, en marée de morte-eau (coeff. 45).

Index	FLOT		JUSANT	
	vitesse (m/s)	direction	vitesse (m/s)	direction
IDSH 873	1,3	350°	1,1	166°
<F>	1,25	012°	1,15	192°
<B>	1,8	025°	1,65	209°

Tabl. 12 : Vitesse maximale et direction des courants de surface entre Boulogne et le Cap Gris-Nez, en marée de vive-eau (coeff. 95).

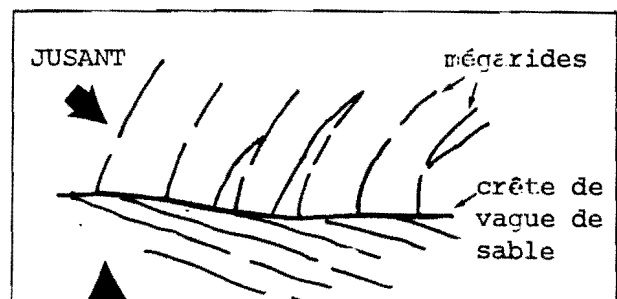
Ces mesures de surface montrent :

- le caractère quasi-alternatif des courants de marée ;
- la prédominance du courant de flot sur le jusant : l'écart entre les vitesses maximales atteintes est de 12 % environ en faveur du flot ;
- le renforcement des courants entre Boulogne et le Cap Gris-Nez, de l'ordre de 30 % (pour le domaine du large) : en marée de vive-eau (coeff. 95), la vitesse du flot atteint 1,25 m/s au large de Boulogne et 1,8 m/s au large du Cap Gris-Nez.

b) Près du fond, un cycle de mesures (13 h) effectué au sommet de la Bassure de Baas (cf. fig. 6, p. 12) dans la zone des vagues de sable, montre :

- Une atténuation de l'ordre de 15 à 20 % du courant de flot au fond par rapport à la surface.
- Une influence probable de la morphologie du fond sur la direction des courants : la présence de vagues de sable asymétriques vers le NNE induit une modification du courant de jusant : orienté vers le S (N 160° à N 200°) en surface, il porte vers l'ESE au fond (N 110° à N 120°). Ce phénomène pourrait expliquer en partie la différence angulaire entre la crête de vague de sable et les mégarides du flanc nord, exposé au courant de jusant et plus abrupt (fig. 34).

Fig. 34 : Direction des courants et des mégarides au niveau d'une vague de sable de la Bassure de Baas.



### 1.3) Quantification des transits sédimentaires

Le suivi de traceurs radioactifs, immergés en deux points de la Bassure de Baas (cf. Fig. 6, p. 12) a confirmé l'orientation du transit sédimentaire vers le Nord, sur les deux flancs du banc (cf. Rapport CEA/SAR, octobre 1987). Le débit de charriage est identique sur chaque flanc :  $0,2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jour}$ .

En supposant cette valeur valable aussi pour le sommet du banc, l'ordre de grandeur du débit annuel de sable transitant par charriage sur la Bassure de Baas (à la latitude de Wimereux) serait de 150 000 à 200 000  $\text{m}^3$ .

Cette expérience a montré que ce mouvement par charriage ne concernait qu'une pellicule superficielle de quelques centimètres d'épaisseur. Ainsi, le transit s'effectue à la surface des structures et n'entraîne pas obligatoirement la migration des structures elles-mêmes, ni la progradation du banc vers le Nord.

### 1.4) Conclusion

Les figures sédimentaires, les observations sédimentologiques, les mesures de courants et le traçage radioactif montrent que les sédiments se déplacent selon une trajectoire quasi-rectiligne du Cap d'Alprech au Cap Gris-Nez sous l'action des courants de marée.

Cette migration par charriage, limitée sur le banc à la couche superficielle mobile (quelques centimètres), peut ne pas entraîner de migration du banc lui-même, si les volumes déplacés vers le Cap Gris-Nez sont compensés par des apports venant du Sud.

En zone côtière, des phénomènes plus complexes peuvent se produire au niveau des digues de Boulogne ou des reliefs rocheux sous-marins.

## 2) Du Cap Gris-Nez au Cap Blanc-Nez

Cette zone est caractérisée par une nette différence entre la dynamique sédimentaire de la Baie de Wissant et celle du large :

- Au large, la direction du transit sédimentaire est parallèle à la côte (SW-NE).
- En Baie de Wissant, le transit est dévié vers la côte ; son orientation est plutôt W-E. Cette "divergence côtière" en aval du Cap Gris-Nez s'accroît à proximité immédiate du Cap en un tourbillon.

## 2.1) Au large de la baie

### a) Polarité des structures sédimentaires (cf. fig. 26)

Les rubans sableux qui s'étendent parallèlement au pied du Banc à la Ligne et de la Barrière traduisent la direction SW-NE des transits sédimentaires.

Au sein de cet ensemble de rubans, des marques d'obstacles (en arrière de blocs) et les vagues de sable isolées définissent le sens du transit résultant vers le NE.

Au large de ces structures, le panache sableux qui s'étend largement au NE de l'épave confirme cette orientation.

### b) Evolution verticale des courants de marée

Les courants de surface ont été mesurés par le S.H.O.M. aux points indexés IDSH 857, 858, 859 (tabl. 13 et fig. 36).

La comparaison des résultats, pour une marée moyenne (coeff. 70), montre (tabl. 14) :

- le caractère alternatif des courants de marée ;
- une diminution de 6 à 9 % des vitesses du flot comme du jusant lorsqu'on s'éloigne du Cap Gris-Nez (à même distance de la côte) ;
- la faible asymétrie flot-jusant à chacun des trois points (inférieure à 5 %) ;
- les vitesses supérieures du flot comme du jusant quand on s'éloigne vers le large.

Les mesures à 1 m du fond au point IDSH 858 ont montré la prédominance du courant de jusant sur le courant de flot, à la fois en vitesse (+ 14 % en faveur du jusant) et en durée (fig. 35).

Cette particularité locale semble due à un amortissement du courant de flot en aval des roches qui prolongent le Cap Gris-Nez, et à un renforcement du jusant en raison du rétrécissement de la section du détroit.

Index	Latitude	Longitude	Immersion	Coefficient de marée	Localisation
IDSH 858	50°54'5.N	1°36'5 .E	5 m	70	Pied Banc à la Ligne (vers Cap Gris-Nez)
IDSH 857	50°56'5.N	1°39'4 .E	6 m	70-95	Large des Gardes
IDSH 859	50°56'0.N	1°37'38.E	5 m	70	Près de l'épave du cargo "Abbeville"

Tabl. 13 : Inventaire des données courantologiques du S.H.O.M. au large de la Baie de Wissant.

Index	FLOT		JUSANT	
	vitesse (m/s)	direction	vitesse (m/s)	direction
IDSH 858	1,37	045	1,30	226
IDSH 859	1,58	040	1,60	224
IDSH 857	1,25	032	1,22	220

Tabl. 14 : Vitesse maximale et direction des courants de surface en Baie de Wissant, pour une marée moyenne (coeff. 70).

### c) Quantification des transits sédimentaires

Une immersion de traceur radioactif a été réalisée le 10 septembre 1986 sur une vague de sable située au pied du Banc à la Ligne. Le suivi du déplacement de ce traceur pendant une période de 79 jours, représentative de conditions hivernales moyennes (influence des marées de grandes vives eaux et d'une tempête de secteur SW) a montré :

- l'orientation vers le NE du transit sédimentaire (parallèlement aux structures sédimentaires) exprimant la prédominance du courant de flot ;

- le caractère alternatif des courants : la tache de traceur est très allongée, mais étroite (longueur : 2 800 m ; largeur : 500 m).

Le mode de transport du sédiment exprimé par des courbes isochocs discontinues et hétérogènes (fig. 36) est différent de celui observé aux autres sites : il s'effectue par charriage et en suspension, à part égales

Le débit de charriage, qui représenterait donc 50 % du transport total est estimé à  $0,1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jour}$ . Le transport total est donc tout à fait comparable à celui observé sur les deux sites de la Bassure de Baas.

Remarque : La granularité du traceur immergé en pied de banc est inférieure ( $200\text{-}250 \text{ }\mu\text{m}$ ) à celle du sédiment naturel ( $315\text{-}500 \text{ }\mu\text{m}$ ).

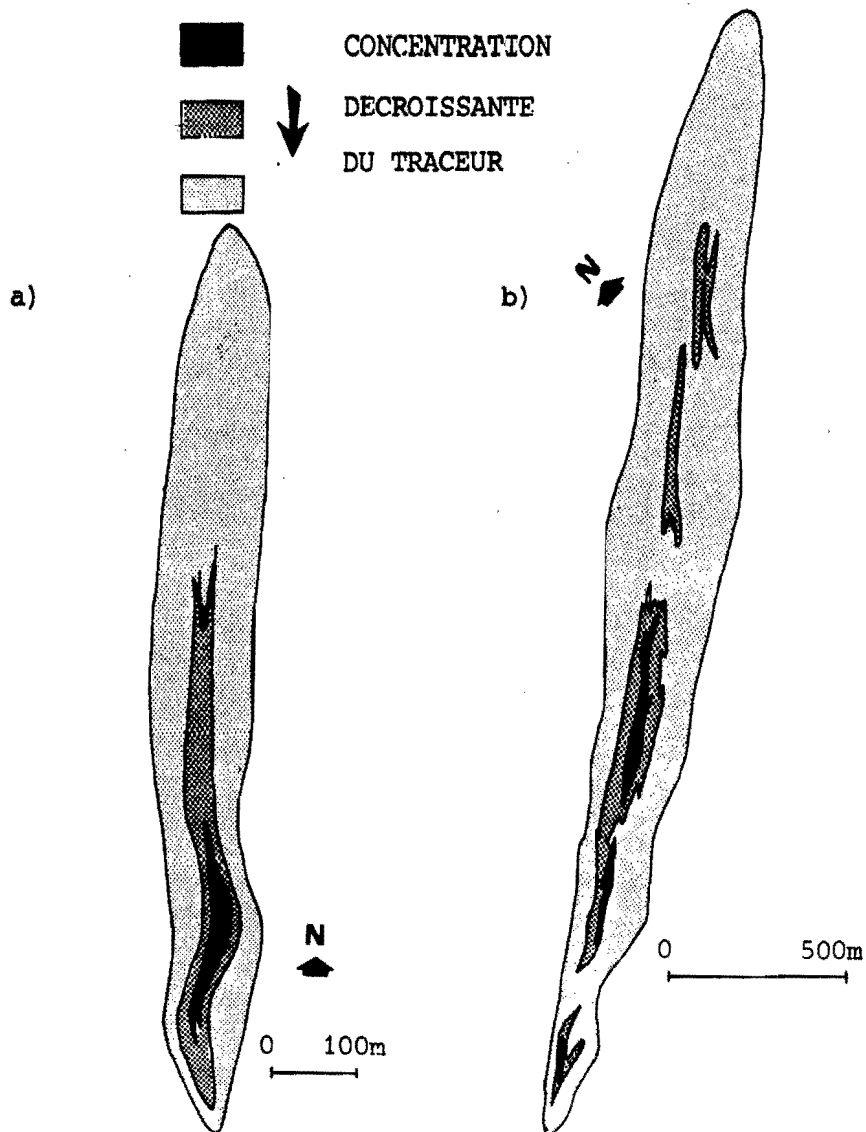


Fig. 35 : Répartition du traceur radioactif

a) Dans le cas d'un transport par charriage  
(Bassure de Baas - Détection du 27-11-86)

b) Dans le cas d'un transport mixte par charriage et en suspension  
(Pied du Banc à la Ligne - Détection du 28-11-86).



## 2.2) En Baie de Wissant

### a) Orientation des structures sédimentaires (cf. fig. 26)

La partie occidentale du Banc à la Ligne est quasiment dépourvue de structures sédimentaires. Les vagues de sable se développent à mesure que le sommet du banc s'atténue (vers le NE). Elles constituent essentiellement "la Barrière".

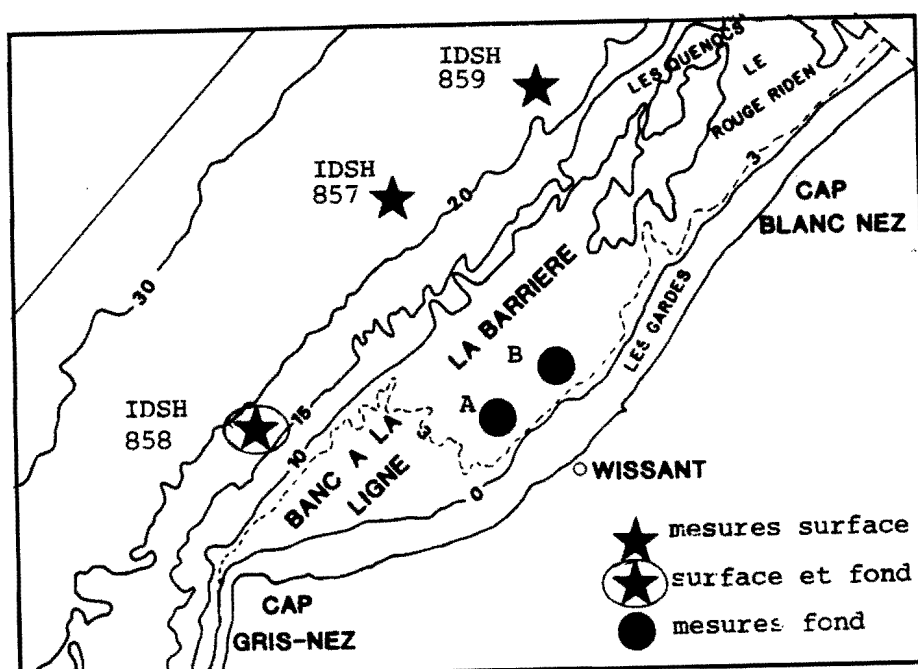
La direction NNE-SSW de leur crête et leur dissymétrie vers l'ESE traduisent un transit résultant dans cette direction, c'est à dire nettement dévié vers la côte.

### b) Les mesures de courants

En l'absence de mesures de surfaces, deux sites ont fait l'objet de mesures près du fond (cf. fig. 6, p. 12 et fig. 36). Ces sites ont dû être implantés aux abords de Wissant. Les 5 cycles de mesure ont montré les mêmes caractéristiques d'ensemble :

- le caractère quasi-alternatif des courants dans la baie ;
- leur orientation plutôt parallèle à la côte ;
- l'atténuation de leur vitesse par rapport au large ;
- la prédominance en durée du courant de jusant, et la vitesse supérieure du courant de flot.

Ceci se traduit par un transit résultant vers le NE, malgré la durée supérieure du jusant, orienté vers le SW (fig. 37).



La comparaison des vitesses maximales des courants dans la baie et au large, essentielles dans les transits sédimentaires montre (fig. 37) que le courant de jusant est donc beaucoup plus atténué que le courant de flot à l'intérieur de la Baie : la vitesse maximale du jusant atteint dans la Baie 30 à 50 % de celle mesurée en pied de banc, alors que la vitesse du flot atteint 50 à 85 % de la vitesse mesurée au large.

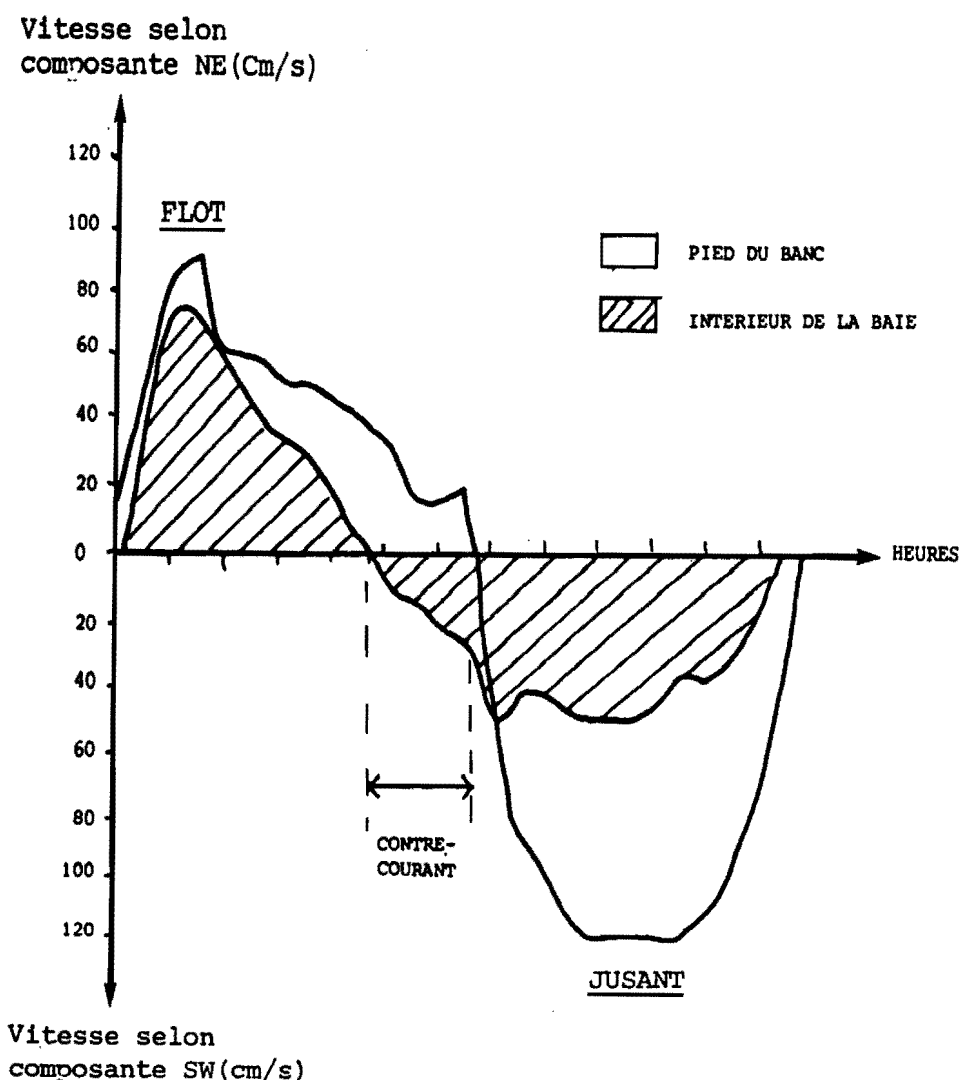


Fig. 37 : Comparaison des courants de marée dans la Baie de Wissant et au large, en marée de vive-eau.

### c) Les analyses sédimentologiques

L'étude du sommet de banc, d'accès très difficile, a été envisagé essentiellement par l'analyse des variations granulométriques saisonnières (cf. Rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, décembre 1986). Les variations observées témoignent, par leur direction perpendiculaire à la côte et leur périodicité liée aux

Des sables fins gris (160-200  $\mu\text{m}$ ), typiques du flanc interne du Banc à la Ligne, ont été prélevés lors de l'échantillonnage de juillet 1985 au pied de la partie la plus déclive du flanc externe du banc (dans cette zone, la taille minimale des sédiments est 315 m). Le pourcentage de sable fin est maximal (70 %) à l'aplomb de la jonction entre les roches du Cap Gris-Nez et du Banc à la Ligne, marquée par une dépression étroite. Il diminue rapidement vers le NE par "dilution". Ceci prouve le caractère ponctuel de cet apport.

Il est probable que la modification du courant de flot observée en face de Wissant, s'accroissant à proximité du Cap en un tourbillon portant vers l'W sur le banc soit responsable de cette accumulation (fig. 38).

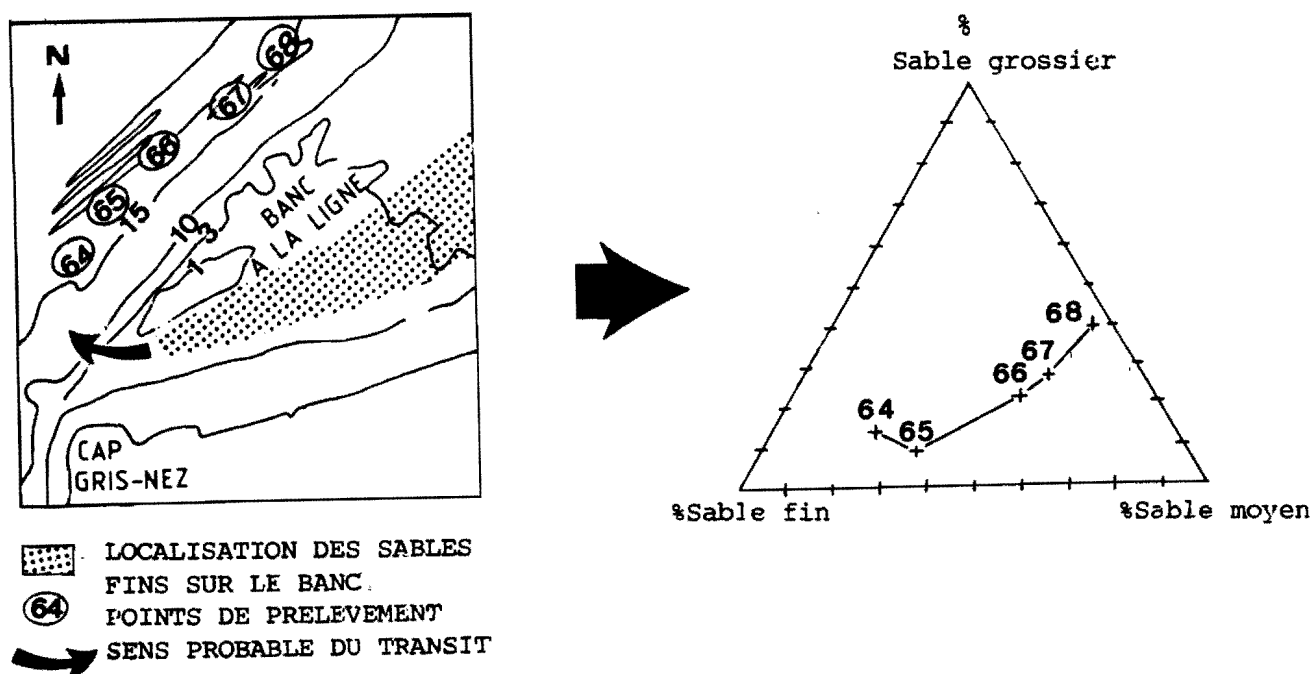


Fig. 38 : Localisation des prélèvements au pied du banc en juillet 1985 et variation des teneurs en sable fin.

#### d) Traçage radioactif

Le traceur immergé à l'extrémité nord-orientale du Banc à la Ligne (cf fig. 6, p. 12) s'est déplacé en 79 jours de 109 m vers l'ENE (cf. Rapport CEA/SAR, octobre 1987). Cette direction de transport est identique à celle suggérée par la polarité des vagues de sable et la résultante des courants de marée.

Des différences essentielles par rapport aux autres sites de traçage ont

- l'épaisseur de remaniement est plus importante et atteint 25 cm ;
- le débit de charriage est aussi supérieur :  $0,34 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jour}$ .

Après la tempête du 20 au 23 octobre, l'influence de la houle sur le traceur n'a pas été mise en évidence (à une profondeur de 5 m, soit environ 12 m sous le niveau de pleine mer de vive-eau).

### 2.3) Sur l'estran

Le suivi du traceur radioactif implanté à mi-estran à l'W de Wissant, confirme les résultats antérieurs (cf. rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, décembre 1985).

- En période calme, l'immobilité du traceur traduit la stabilité de l'estran et l'absence de l'influence des courants de marée à mi-estran.

- En période de tempête, le déplacement du traceur est très rapide : la morphologie de l'estran évolue brutalement sous l'action des houles. L'épaisseur du remaniement est comprise entre 0,5 et 1 m.

Les houles obliques au rivage provoquent un déplacement du sable vers le NE. Le débit de cette dérive littorale est important :  $1,7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jour}$ .

On observe également une migration d'une partie du sédiment vers le domaine sous-marin, selon la ligne de plus grande pente de l'estran. Ce déplacement n'a pu être quantifié.

### 2.4) Conclusions

1) La dynamique sédimentaire actuelle de la Baie de Wissant est complexe :

- L'action des courants de marée (fig. 39) se traduit par un déplacement du sédiment vers le NE dans la partie orientale du banc, et un transit vers l'W dans sa partie occidentale.

- L'action des houles de tempête entraîne des mouvements dans le profil, mais surtout une dérive littorale importante vers le NE.

- Les vents dominants de SW entraînent un transit vers le NE et une érosion de l'estran.

Ces trois facteurs induisent une **perte de sédiment de la Baie de Wissant**, qui ne peut être compensée que par des apports côtiers, venant du Sud et repris soit par la dérive littorale, soit par les courants tourbillonnaires localisés au niveau du sommet du banc. La tendance continue de l'estran de Wissant à l'amaigrissement semble indiquer un défaut d'alimentation de la baie. Cette alimentation insuffisante

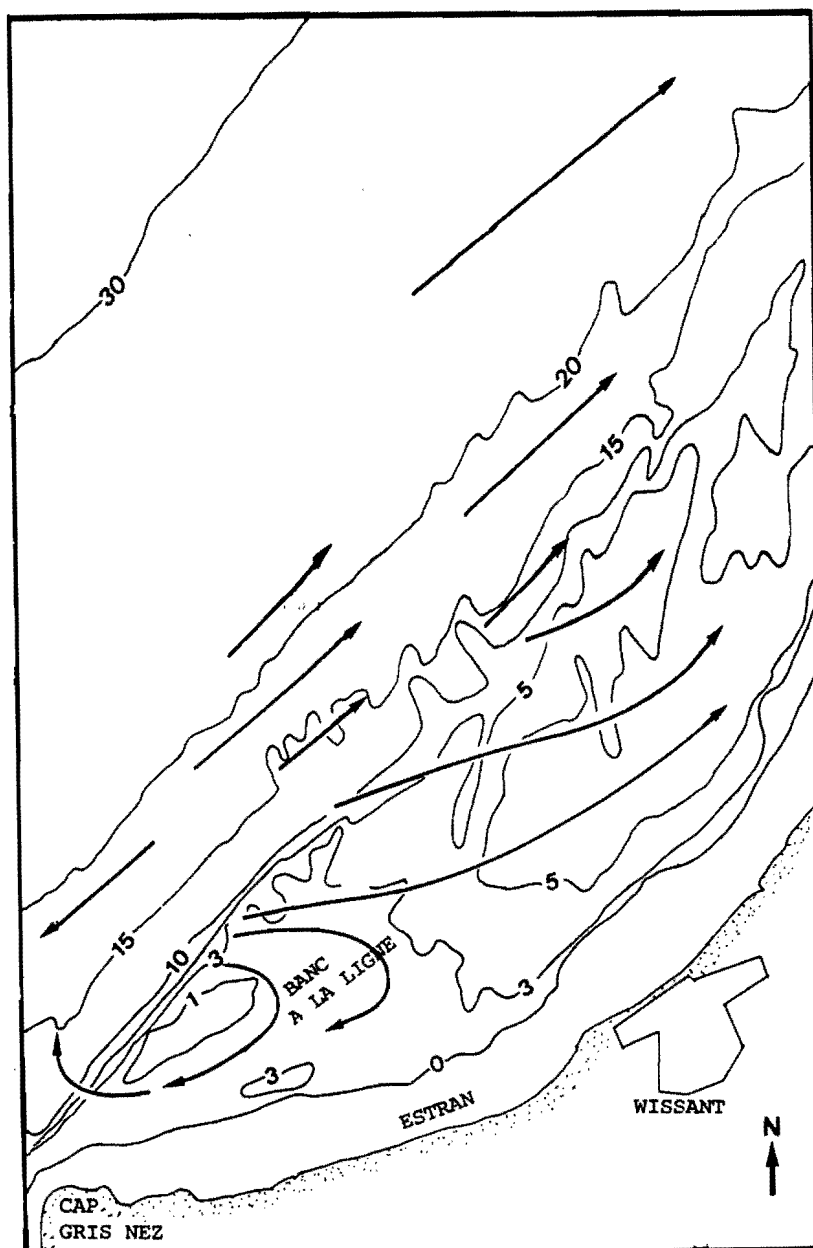


Fig. 39 : Orientation des transits sédimentaires sous l'action des courants de marée au large du littoral de Wissant.

Afin de vérifier cette hypothèse, l'étude de l'évolution historique du Banc à la Ligne sera abordée au chapitre III.

2) Le passage du sédiment au-dessus des crêtes rocheuses du Cap Gris-Nez, prouvé par l'observation des placages sableux diffus sur les bancs rocheux (cf. rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, décembre 1986) s'accompagne d'un tri granulométrique.

De Boulogne au Cap Gris-Nez, la granularité des sables transitant vers le Nord est comprise entre 160 et 500  $\mu\text{m}$ . Au large de la Baie de Wissant, les sables ont généralement une taille supérieure à 315  $\mu\text{m}$ . On retrouve seulement le stock plus

Afin d'expliquer l'absence de ce stock granulométrique (160-315  $\mu\text{m}$ ), un traceur radioactif de taille 200-250  $\mu\text{m}$  (inférieure à celle du sédiment naturel) a été immergé sur une vague de sable du pied de Banc à la Ligne.

Le suivi de ce traceur a montré un transit rapide vers le NE selon deux modes : par charriage sur le fond et en suspension dans la masse d'eau. Cette mise en suspension partielle du sédiment induite par la simple présence de vagues de sable doit aussi se produire au niveau des crêtes rocheuses du Cap Gris-Nez, où les courants sont plus violents encore.

Il est donc probable que les bancs rocheux servent de "tremplin" à la fraction fine du sédiment (< 315  $\mu\text{m}$ ), qui, mis en suspension à ce niveau, peut migrer rapidement au-delà du Cap Blanc-Nez, et ainsi alimenter les bancs de Calais à Dunkerque. La fraction plus grossière (315-500  $\mu\text{m}$ ) peut, elle, se déposer au pied du banc et transiter par charriage sur le fond.

### III - EVOLUTION DES BANCS SABLEUX

La comparaison des minutes bathymétriques du SHOM levées en 1911 et 1975 sur le Banc à la Ligne (à l'échelle du 1/10 000), en 1934 (à 1/20 000) et 1975 (1/10 000) sur la partie nord de la Bassure de Baas permet de mettre en évidence la rapidité d'évolution du Banc à la Ligne par rapport à un banc du large (Bassure de Baas).

#### 1) Le Banc à la Ligne

28 profils transversaux parallèles, régulièrement espacés de 200 m, ont été levés entre les isobathes 0 m et 15 m (fig. 40). La comparaison de chaque profil de la mission 1975 avec son équivalent en 1911 permet de mettre en évidence les déplacements latéraux et les variations verticales du banc (fig. 41).

##### a) Evolution morphologique du Banc

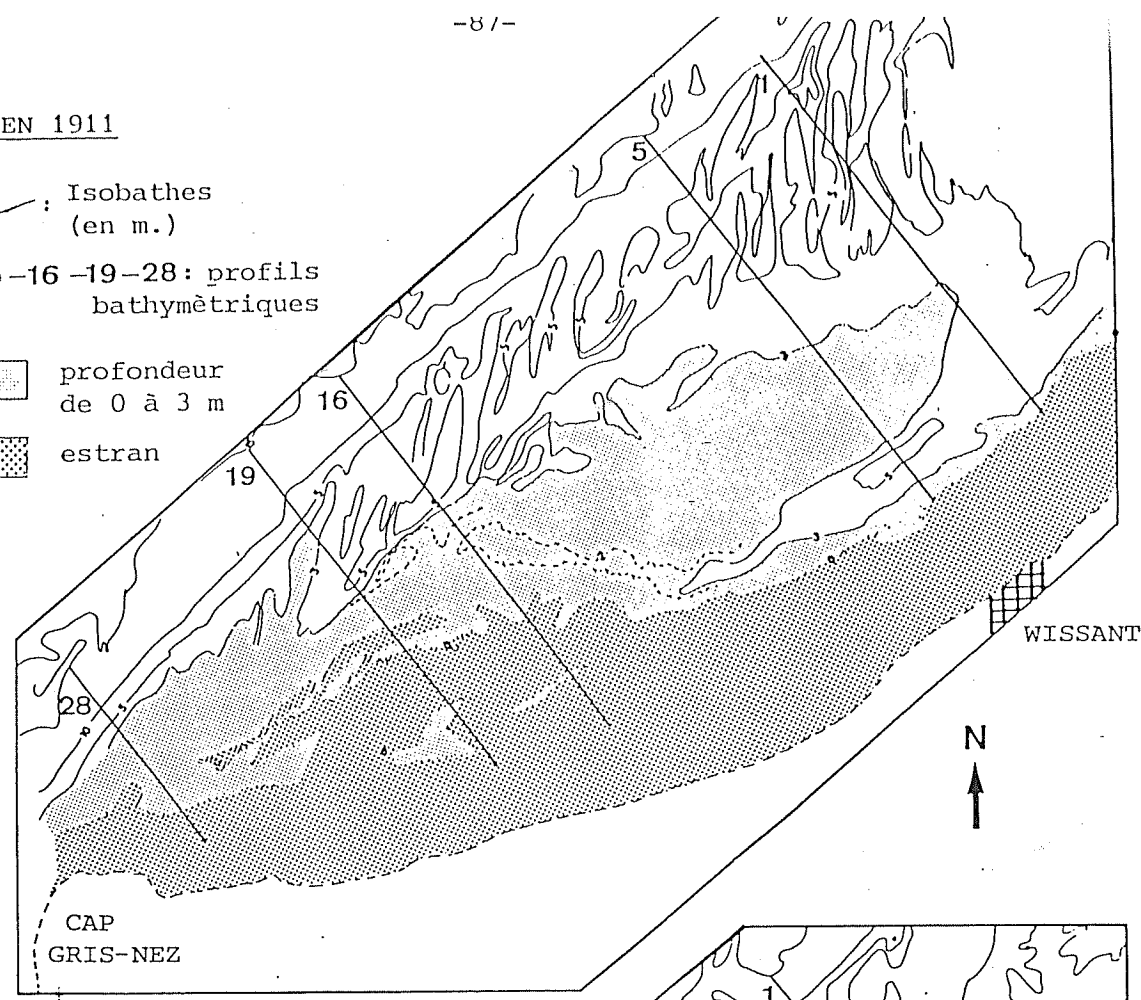
De manière générale, les 28 profils montrent :

- Une progression du flanc du banc en direction de la côte, qui peut atteindre 400 m (soit environ 6 m/an).
- Un abaissement de la partie sommitale du banc, pouvant atteindre localement 5 m en 64 ans (soit en moyenne 8 cm/an).
- Une migration de l'isobathe 0 m vers le littoral, qui traduit une réduction de la largeur de l'estran.

A) EN 1911

Isobathes (en m.)  
1-5-16-19-28: profils bathymétriques

profondeur de 0 à 3 m  
estran



B) EN 1975

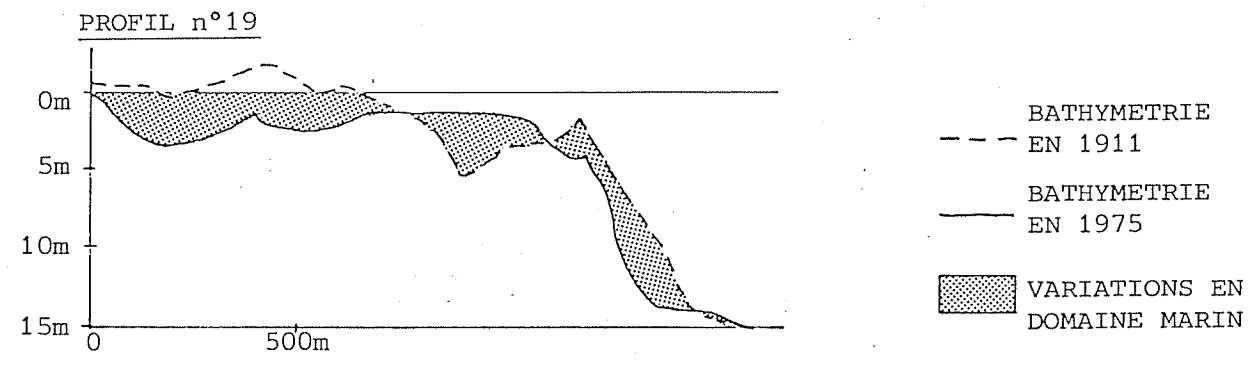
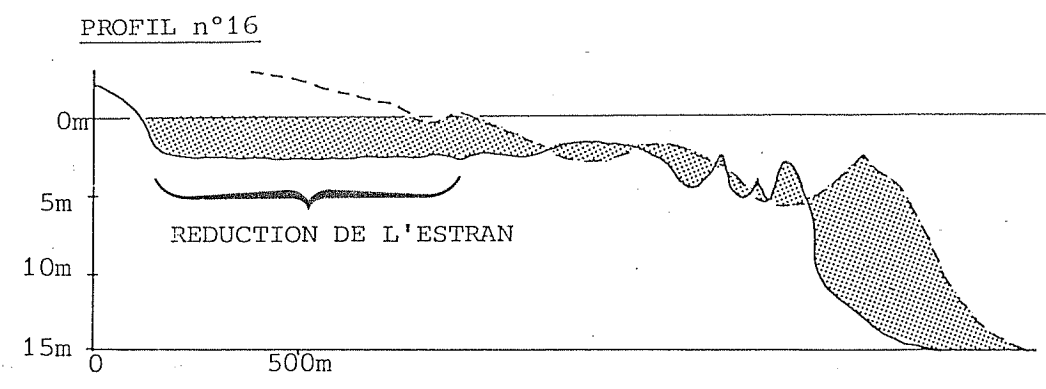
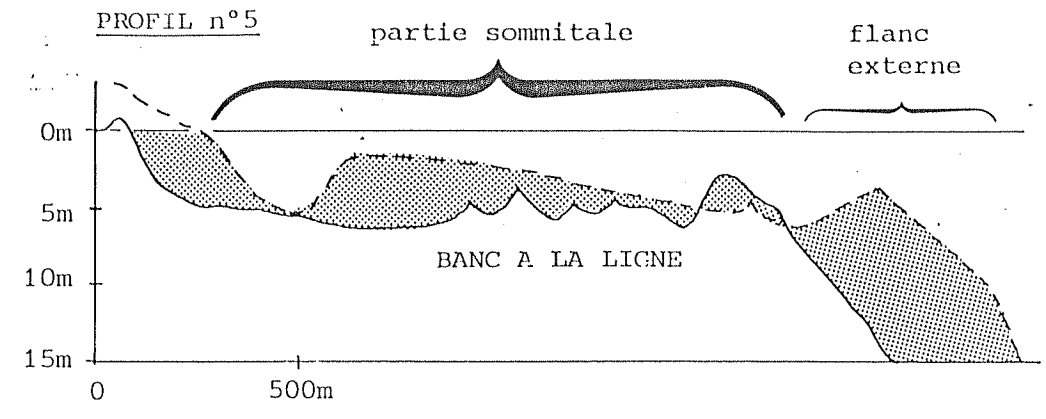
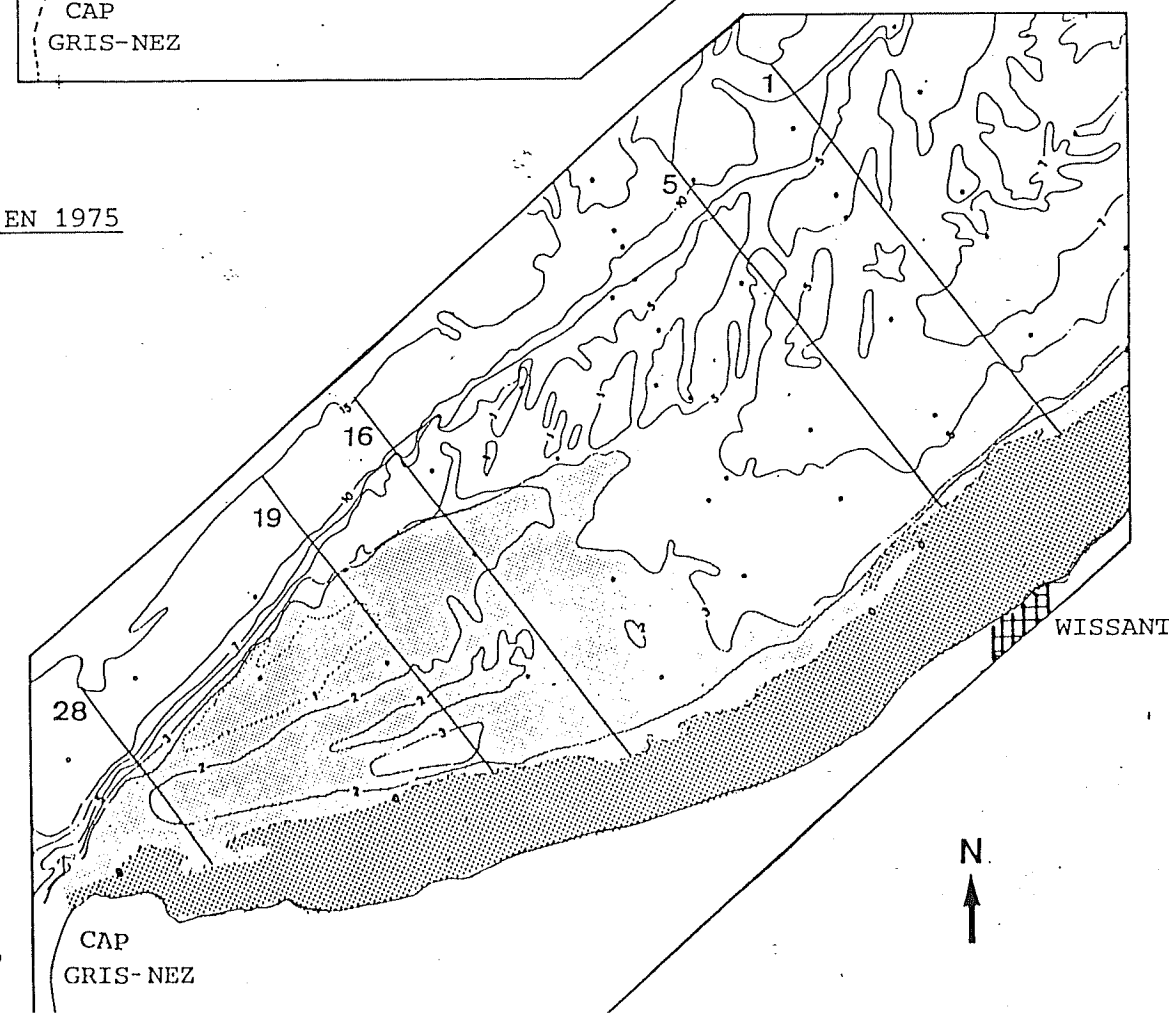


FIG.41: Evolution des profils bathymétriques transversaux du Banc à la Ligne entre 1911 et 1975.

FIG.40: Cartes bathymétriques du Banc à la Ligne en 1911 et 1975 (d'après les minutes du SHOM) et localisation des profils transversaux.

De Wissant vers le Cap Gris-Nez, l'érosion affecte d'abord le flanc et le sommet du banc, à l'exception de la zone la plus côtière, occupée par un chenal (cf. profil n° 5) ; elle s'étend ensuite aux niveaux inférieurs de l'estran (cf. profil n° 16) : le recul de l'isobathe 0 m vers la côte est maximal au centre de la baie. Vers le Cap Gris-Nez (cf. profil n° 19), l'érosion diminue, à la fois au niveau du sommet et du flanc du banc. On observe même un engraissement local du sommet de banc, insuffisant pour compenser la tendance générale à l'érosion. Le recul de l'isobathe 0 m décroît lui aussi rapidement vers l'W.

### b) Quantification de l'érosion

Les volumes érodés ont été calculés selon chaque profil, en considérant que ce profil est représentatif d'une section transversale du banc de 200 m de largeur. Le report des volumes calculés (selon chaque profil) sur le flanc externe (fig. 42) et sur le sommet du banc (fig. 43) montre l'importance de l'érosion et les disparités entre parties W (près du Cap Gris-Nez) et E (abords de Wissant) du Banc à la Ligne.

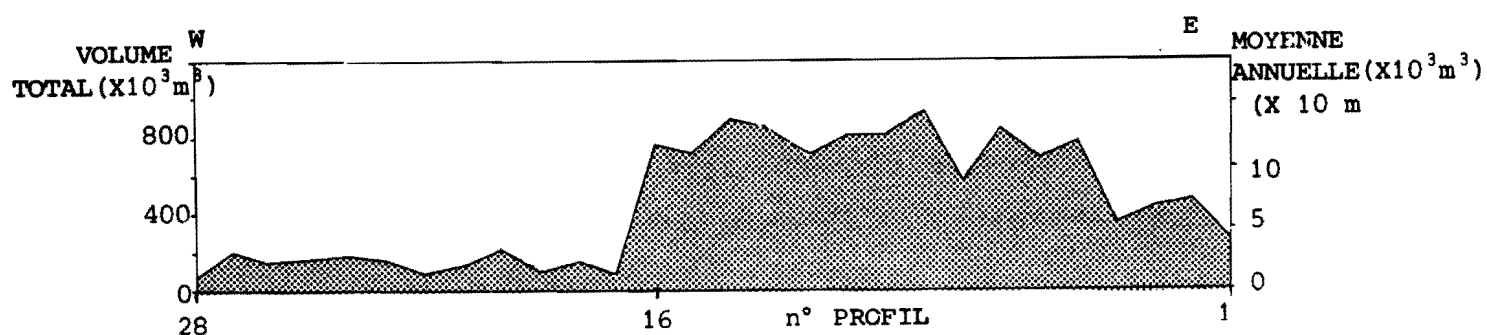
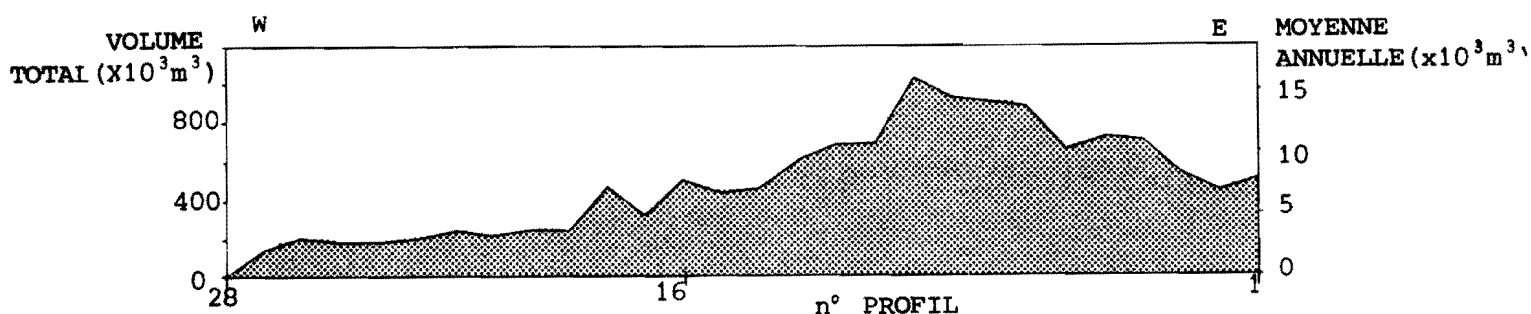


Fig. 42 : Volumes érodés sur le flanc du Banc à la Ligne de 1911 à 1975.





Les résultats ont été portés sur chacune des figures, sous la forme d'un volume total au cours de la période 1911-1975, et d'une moyenne annuelle. Cette dernière est approximative, car elle suppose une évolution continue et régulière pendant la période considérée.

- Dans la partie orientale (comprise entre les profils 1 et 16), l'érosion du flanc et du sommet du banc est très forte ; cette zone, d'une superficie de 8 Km<sup>2</sup>, a perdu environ 21 millions de m<sup>3</sup> de sédiment en 64 ans, soit environ 335 000 m<sup>3</sup>/an.

- Dans la partie occidentale (entre les profils 17 et 28), l'érosion est plus faible, à la fois sur le sommet et le flanc du banc. Cette zone de 4 km<sup>2</sup> a perdu environ 4,5 millions de m<sup>3</sup> de sédiment, soit environ 70 000 m<sup>3</sup>/an.

La partie sommitale du banc (comprise entre les isobathes 0 et 5 m) a perdu, à elle seule, 13 millions de m<sup>3</sup> de sédiment, soit environ 200 000 m<sup>3</sup>/an. Ceci correspond à une **érosion verticale** moyenne du sommet de banc de 2 cm/an.

Cette vitesse d'évolution plus lente à l'W de la baie traduit une meilleure stabilité de la structure ; celle-ci pourrait être due à la présence, sous les sables de surface, de cailloutis d'âge pléistocène, identiques à ceux du flanc actuel du banc à proximité du Cap Gris-Nez.

Ce "noyau" de cailloutis constituerait l'ossature du Banc à la Ligne, aux abords du Cap Gris-Nez et s'atténuerait progressivement vers l'E. Composé uniquement de sable dans sa partie orientale, le banc pourrait évoluer plus rapidement. Pendant la même période, le recul de l'isobathe 0 m est aussi important (fig. 44). Faible à l'W et à l'E, il est maximal au centre de la Baie (1 100 m). La vitesse moyenne de recul est dans cette zone de l'ordre de 15 m/an.

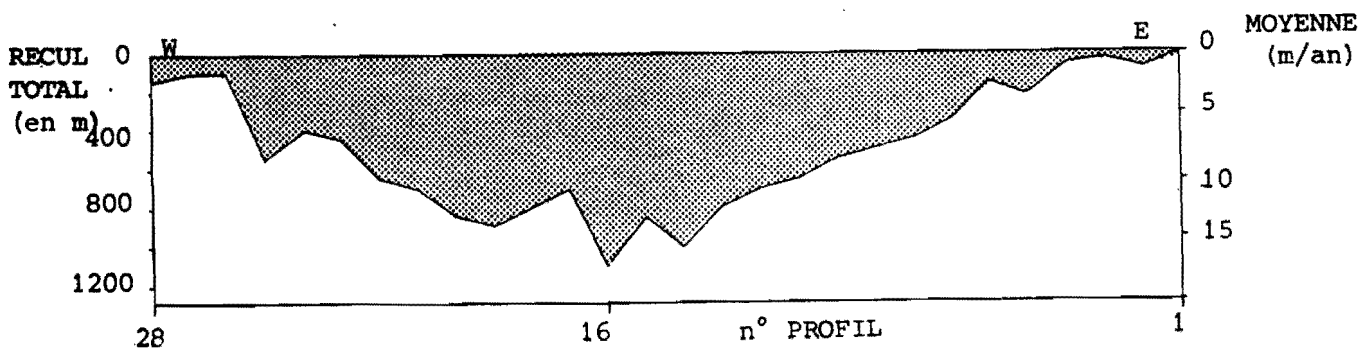


Fig. 44 : Recul de l'isobathe 0 m en Baie de Wissant, de 1911 à 1975.

La zone comprise entre l'extrémité occidentale de l'agglomération de Wissant et le centre de la baie semble donc la zone la plus touchée. L'érosion marine affecte fortement le flanc et le sommet du banc, les niveaux inférieurs de l'estran,

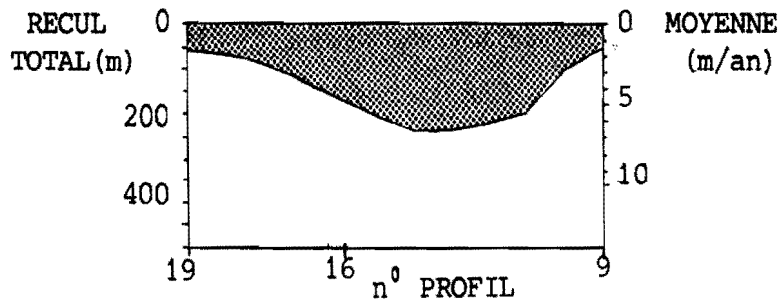
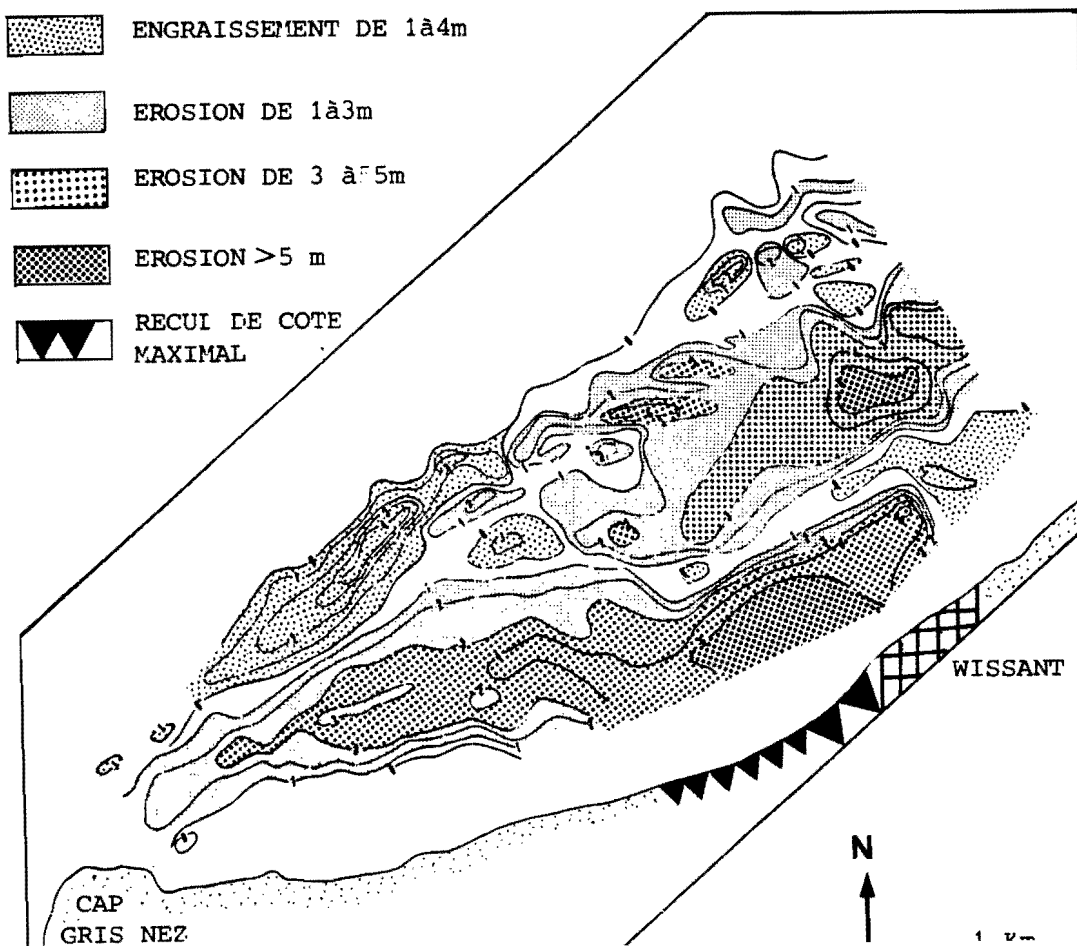


Fig. 45 : Recul du trait de côte aux abords de Wissant, de 1947 à 1983 (d'après synthèse établie par le Service Maritime du Port de Boulogne).

Il semble donc possible de corrélér l'évolution du Banc à la Ligne à celle du littoral.

La carte des isopaques de l'érosion (fig. 46), établie en corrélant les 28 profils, précise ces observations en délimitant des zones à évolution comparable, et en donnant les vitesses ponctuelles d'érosion.



Deux zones du banc sont particulièrement érodées (fig.) :

- l'une, proche du littoral s'étend du Cap Gris-Nez à Wissant et semble se prolonger en domaine intertidal ;
- l'autre, située un peu plus au large, débute aux abords de Wissant, et s'étend vers le NE.

Dans ces deux zones, l'érosion a atteint des valeurs de 1 à 5 m entre 1911 et 1975. Ceci correspond à des vitesses de l'ordre de 1,5 à 8 cm/an.

Les deux secteurs à évolution rapide (8 cm/an) sont localisés aux abords immédiats de Wissant. Ce sont :

- la dépression actuelle entre sommet de banc et estran ;
- le secteur infra-littoral situé immédiatement à l'W de Wissant.

Ce dernier secteur se trouve exactement face à la zone dunaire la plus érodée (Dune d'aval) (cf. rapport IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, décembre 1985).

## **2) La Bassure de Baas**

La comparaison des minutes bathymétriques de 1934 (à 1/20 000) et 1975 (à 1/10 000) ne permet pas de mettre en évidence un déplacement latéral (dans le sens W-E), ni une progradation du banc vers le Nord (dans le sens de la résultante des courants de marée). L'évolution verticale du banc n'a pas pu être étudiée en raison de la complexité morphologique liée aux vagues de sable.

## **Conclusion**

L'analyse de documents cartographiques anciens complète l'étude des phénomènes hydrosédimentaires actuels de la Baie de Wissant et montre l'évolution parallèle du littoral et du Banc à la Ligne, à l'Ouest de Wissant. L'érosion, maximale à proximité immédiate de l'agglomération wissantaise, se traduit par :

- un recul du cordon dunaire de 2 à 5 m par an en moyenne (au niveau de la Dune d'aval) ;
- une réduction de la largeur de l'estran (15 m par an en moyenne à la limite Dune d'Aval-Dune du Châtelet) ;
- un abaissement du Banc à la Ligne et des petits fonds (pouvant atteindre 8 cm/an devant Wissant) ;
- un déplacement vers la côte du flanc du banc, décroissant de Wissant vers le Cap Gris-Nez.

En raison de cette rapidité d'évolution un suivi bathymétrique et morphologique (à l'aide du sonar latéral) décennal serait nécessaire pour préciser la vitesse d'évolution, calculée entre 1911 et 1975 et les variations morphologiques fines (déplacement éventuel des vagues de sable par exemple).

Les résultats obtenus sur la Bassure de Baas ne permettent pas d'exclure un déplacement lent du banc (à échelle séculaire par exemple) ni une migration des structures de type vagues de sable. L'absence de déplacement des limites du banc observée sur une période de 40 ans semble toutefois traduire un équilibre du Banc dans les conditions hydrodynamiques actuelles.

**4ème PARTIE : DIFFUSION DES RESULTATS**

**Publications :**

AUGRIS C., CLABAUT P., DEWEZ S., AUFFRET J.-P., 1987.- Carte des sédiments superficiels au large de Boulogne-sur-Mer. IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais éd.

**Présentations de poster :**

CLABAUT P., DEWEZ S., AUGRIS C., AUFFRET J.-P., CHAMLEY H., BECK C., décembre 1986. Detailed mapping of surficial sediments and morphology along the Pas-de-Calais coast. British Sedimentology Research Group annual meeting, University of Nottingham.

AUGRIS C., CLABAUT P., DEWEZ S., AUFFRET J.-P., BECK C., novembre 1987. Carte des sédiments superficiels au large de Boulogne-sur-Mer. 1ère réunion de l'association des sédimentologistes français. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.