

CONVENTION REGION NORD - PAS-DE-CALAIS/IFREMER

PROGRAMME ENVIRONNEMENT

RELATIONS HYDROSEDIMENTAIRES
ENTRE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE
ET L'EVOLUTION DES FONDS SOUS-MARINS
AU LARGE DU SITE DES CAPS

RAPPORT SCIENTIFIQUE

Responsable scientifique :

Hervé Chamley

Intervenant principal :

Philippe Clabaut

Associé :

Christian Beck

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

Décembre 1986

INTRODUCTION

Les travaux entrepris depuis l'été 1983, dans le cadre de la convention de coopération IFREMER/Région Nord - Pas-de-Calais, ont montré la relation étroite entre érosion dunaire et érosion marine sur le littoral de Wissant, ainsi que la complexité des phénomènes hydrosédimentaires dans la baie.

Les résultats obtenus ont conduit à étudier les fonds sous-marins au large de Wissant, mais aussi au sud du Cap Gris-Nez, afin de déterminer l'influence du changement d'orientation du trait de côte, au niveau du Cap, sur la dynamique sédimentaire.

Ces travaux ont pour objectif principaux de :

- définir les modalités du transport sédimentaire autour du Cap Gris-Nez ;
- quantifier les volumes déplacés ;
- définir les échanges sédimentaires saisonniers entre le cordon dunaire, l'estran et les petits fonds de la baie de Wissant ;
- identifier les processus responsables de l'évolution des fonds sous-marins et du trait de côte.

La première étape du travail a été de dresser une cartographie fine de la couverture sédimentaire meuble des fonds sous-marins entre Boulogne et le Cap Blanc-Nez. Plusieurs techniques complémentaires ont été mises en oeuvre : le sonar à balayage latéral de l'Ifremer, la prospection par caméra vidéo et en plongée et les prélèvements à la benne.

La seconde étape consiste à interpréter les figures sédimentaires observées en termes de dynamique, les "images" sonar latéral apportent des indications sur les directions des courants de fond et des transports sédimentaires. Les résultats du traçage radioactif en cours devraient permettre d'évaluer les volumes de sédiment déplacés.

Enfin, l'étude de la sédimentation quaternaire ancienne au large de Boulogne est envisagée, à partir de carottages réalisés par Ifremer lors de la mission "Granor".

L'ensemble de ces travaux s'articule étroitement avec ceux de S. DEWEZ, qui effectue les mêmes études entre la baie d'Authie et Boulogne.

I - ZONE D'ETUDE

1) LOCALISATION

La zone d'étude s'étend du Cap d'Alprech au sud, au Cap Blanc-Nez au nord-est (fig. 1).

Elle est limitée vers le large par le rail de navigation, pour des raisons de sécurité. Ainsi délimitée, sa superficie est de 330 km².

Remarque : La transition avec les travaux de S. DEWEZ est assurée par un domaine commun, qui s'étend du port de Boulogne-sur-Mer au Cap d'Alprech.

2) CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES

- Entre Boulogne et le Cap Gris-Nez, la côte, essentiellement rocheuse (falaises jurassiques), est orientée du sud vers le nord (fig. 1). La morphologie des fonds sous-marins est marquée par le banc sableux de la Bassure de Baas, grossièrement parallèle à la côte ; ce banc vient se terminer aux abords du Cap Gris-Nez.

- Au niveau du Cap Gris-Nez, l'orientation de la côte change brutalement et devient ouest-est. Les falaises du Cap se prolongent en mer par des affleurements rocheux importants.

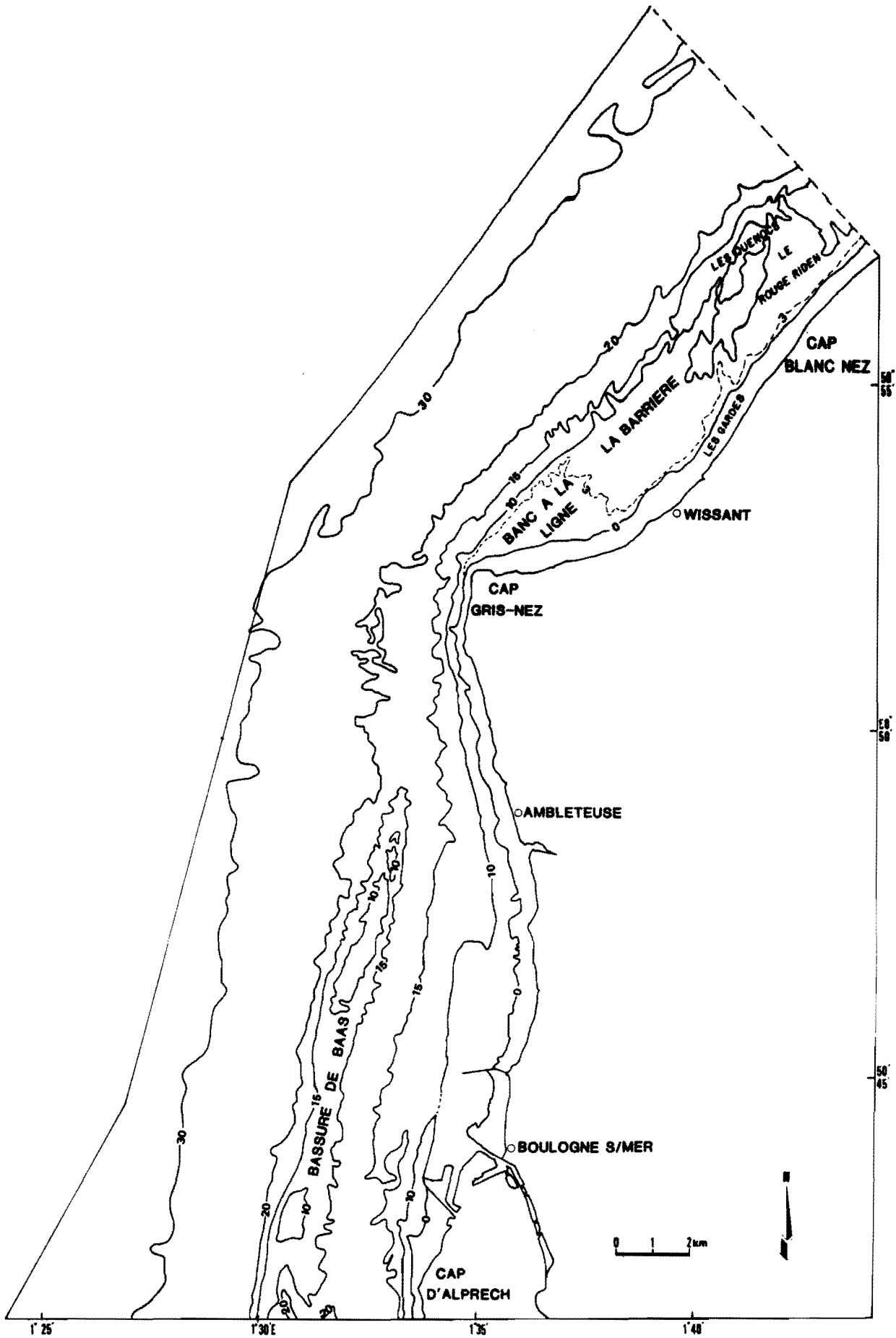
- Vers l'est, ces falaises et celles du Cap Blanc-Nez, la côte devient basse et sableuse : les dunes de la baie de Wissant, plus particulièrement les dunes d'Aval et du Châtelet, subissent une érosion marine importante (cf. rapport E.P.R./IFREMER, novembre 1985). Les fonds marins sont marqués par un banc sableux, le Banc à la Ligne, qui s'étend dans la direction des courants de marée, entre le Cap Gris-Nez et Wissant. Ce banc se prolonge vers le nord-est par un domaine sableux appelé "la Barrière". Enfin, devant le Cap Blanc-Nez, les roches immergées des Quénocs et du Rouge-Ridin constituent la limite nord-orientale de la zone d'étude.

3) CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES

Situé à la jonction Manche/Mer du Nord, ce secteur est soumis à un régime macrotidal : le marnage moyen à Boulogne est de 5 mètres et peut atteindre 8,5 mètres lors des marées de vive-eau d'équinoxe.

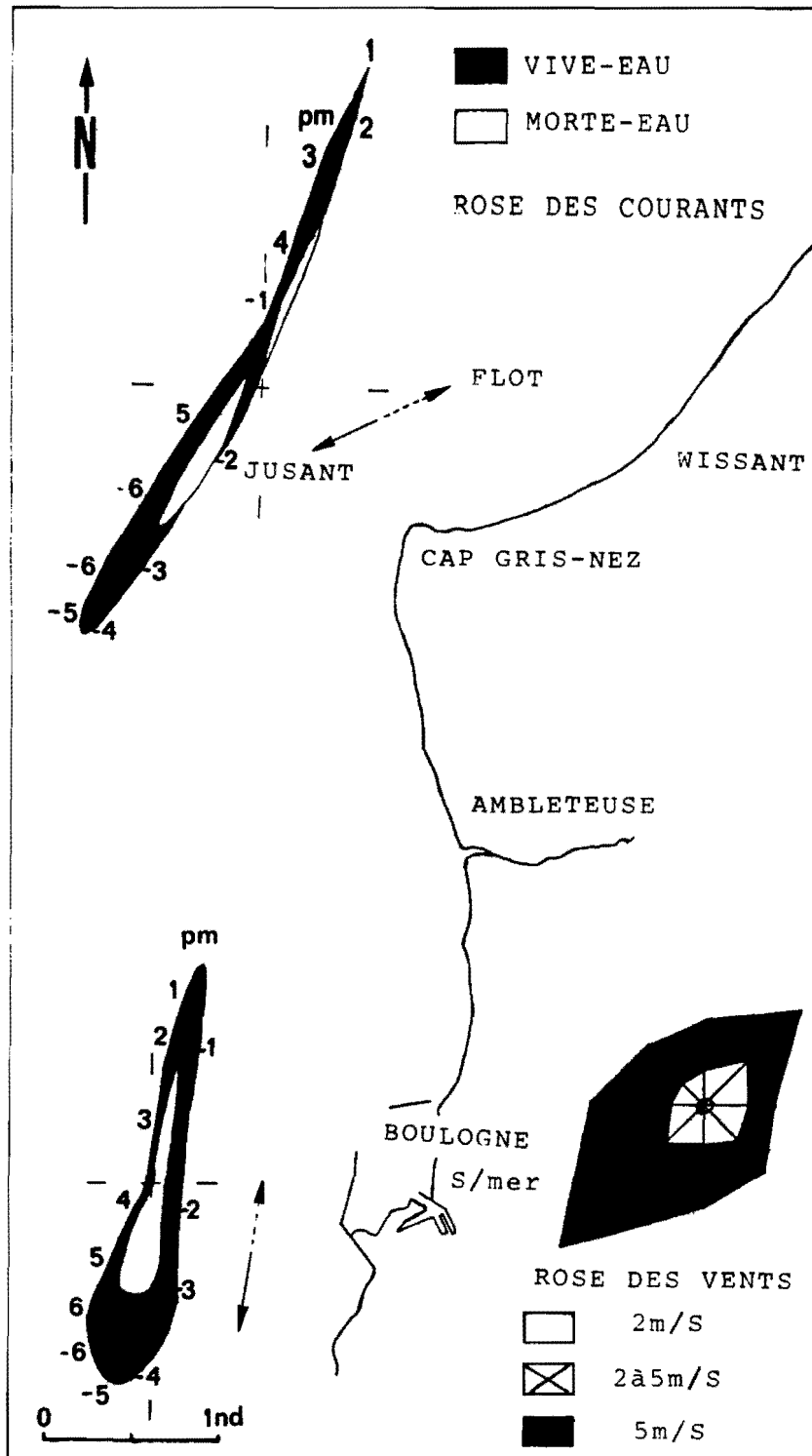
En raison du rétrécissement du chenal entre les côtes anglaises et françaises, les courants associés sont violents : leur vitesse maximale atteint 3,5 noeuds. Ces courants de surface sont quasi-alternatifs devant le Cap Gris-Nez et possèdent une composante rotationnelle à Boulogne, au sud de la zone (fig. 2).

Le courant de flot, orienté vers le nord - nord-est, est plus rapide que le courant de Jusant, orienté vers le sud - sud-ouest. La résultante porte donc au nord - nord-est.



Ces vents forts ont deux conséquences principales :

- la formation des houles qui se propagent vers l'est - nord-est ;
- un afflux d'eau à la côte, qui se traduit par des surélévations du niveau marin de 50 à 60 centimètres lors des tempêtes.



II - MISSIONS EFFECTUEES

1) EN MER

- La mission "Granor", effectuée par Ifremer du 5 au 22 août 1985, à bord du N/O CRYOS, a permis la réalisation de 45 carottages, dont 15 au large de Boulogne, sur des sites préalablement reconnus par sismique-réflexion. Environ 1 000 kilomètres de profils sonar latéral ont aussi été réalisés.

- Du 25 juin au 5 juillet 1986 (N/O SEPIA II), l'échantillonnage de la zone Cap d'Alprech - Cap Gris-Nez a été complété par 60 prélèvements de sédiment à la benne.

- Du 25 août au 5 septembre 1986 (N/O PLUTEUS II) la couverture sonar latéral réalisée lors des trois missions "Granor" a été complétée, principalement en zone côtière (en collaboration avec C. AUGRIS, Ifremer).

- Du 9 au 11 septembre 1986 (N/O SEPIA II), des traceurs radioactifs ont été immergés sur quatre sites : deux devant Wimereux et deux devant Wissant.

- Du 9 au 14 octobre 1986 (N/O PLUTEUS II), une prospection vidéo a été réalisée (16 heures d'enregistrement). Elle a été complétée par 8 plongées.

2) SUR LE TERRAIN

L'estran de Wissant a fait l'objet d'un suivi tout au long de l'année, particulièrement lors des tempêtes. Des photographies de plusieurs sites très sensibles à l'érosion marine ont été effectuées.

3) AUTRES MISSIONS

- La réalisation de la carte des sédiments superficiels, à partir des enregistrements sonar latéral de l'Ifremer, et en collaboration avec C. AUGRIS (Ifremer Brest) et J.-P. AUFFRET (Univ. Caen) a nécessité plusieurs déplacements : à l'Ifremer Brest (12 au 18 janvier et 28 février 1986), à l'Ifremer Paris (20 mai et 18 octobre 1986) et à l'Université de Caen (2 et 3 juin 1986).

Un inventaire des données bathymétriques, courantologiques et des enregistrements sonar latéral du SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la marine) a été effectué lors d'une mission à l'EPSHOM (Brest) le 28 juillet 1986.

- Une prospection, en vue de l'acquisition de matériel courantologique, a été effectuée lors d'une mission à Paris, les 6 et 7 novembre 1985. Cette mission a aussi permis de participer à l'IGN Paris, à une réunion d'information d'utilisation des données du satellite SPOT.

III - METHODES D'ETUDE

1) SUR LE TERRAIN

a) La nature et la morphologie de la couverture meuble des fonds sous-marins a été étudiée par plusieurs techniques complémentaires : le sonar latéral couplé au sondage bathymétrique ; les prises de vue sous-marines par caméra vidéo et en plongée, et les prélèvements à la benne.

- Le sonar latéral de l'Ifremer (modèle EGG-SMS 960) se compose d'un poisson remorqué par un câble électroporteur et d'enregistreurs graphique et numérique. Les signaux haute fréquence émis par le poisson sont réfléchis par le fond, plus ou moins déformés selon la morphologie et la nature de celui-ci. La réception retour est amplifiée et transmise aux enregistreurs.

Cet équipement permet d'obtenir une image en continu des fonds, sur une largeur de 100 mètres de part et d'autre du bateau. A une vitesse de 5 noeuds, le rendement moyen est de 1 km²/heure. L'échelle des sonogrammes obtenus est de 1/1 000ème. La limite de détection est de 1 mètre. Cette technique est associée au sondage bathymétrique, qui apporte une dimension verticale à la morphologie des fonds, "vue" en plan par le sonar.

Au cours des trois missions effectuées par l'Ifremer, dans le cadre du programme "Granor", en juillet 1983, avril 1984 et août 1985, puis lors de la mission complémentaire d'août 1986, 700 km de profils sonar ont été réalisés dans la zone (fig. 3). L'ensemble de ces profils a été repéré par le système de radiolocalisation Syledis, spécialement mis en oeuvre par Genavir.

- La prospection par caméra vidéo sous-marine (appartenant à la station Biologique de Roscoff) permet l'observation directe des différents types de fonds (cailloutis, sable, roche) à une échelle complémentaire de celle du sonar latéral : le champ d'observation a une largeur de 1,5 mètre, pour une profondeur voisine de 2 mètres.

A une vitesse de remorquage de 1 noeud, le rendement moyen de cette technique est de 1,5 km de profil à l'heure.

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, on peut observer les figures sédimentaires de très courte longueur d'onde (ripple-marks), les tris granulométriques et lithologiques au sein de ces figures et les communautés biologiques associées. 8 heures d'enregistrement vidéo ont été effectuées dans la zone.

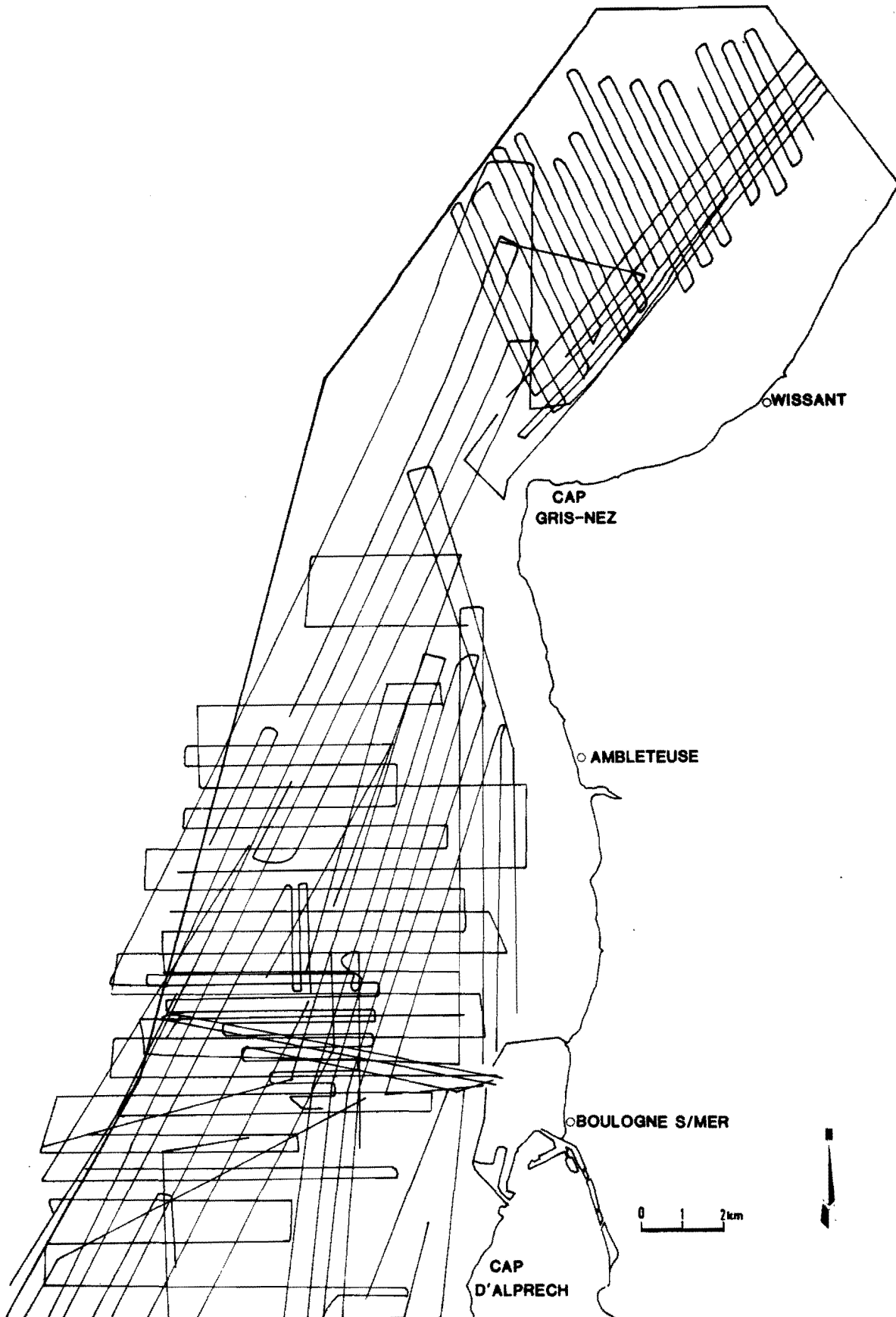


Figure 3 : Localisation des enregistrements sonar latéral.

- La plongée autonome, sur des structures préalablement reconnues au sonar latéral et en vidéo, permet des observations très ponctuelles (prises de vues générales ou macroscopiques, prélèvements). En raison de l'importance des courants, la durée des plongées est limitée à 30 minutes environ, aux heures d'étalement de courant. La distance parcourue est de l'ordre de 200 à 300 mètres. Les apports de cette technique sont nombreux : mesures précises des directions et des pentes des structures sédimentaires, étude des variations granulométriques et lithologiques au sein d'une structure de faible longueur d'onde. Quatre plongées ont été effectuées par A. RICHARD (Station marine de Wimereux) et S. DEWEZ dans la zone d'étude.

- Les prélèvements à la benne Shipeck permettent d'obtenir un sédiment assez peu perturbé, non lessivé, dans lequel la nature des constituants et la répartition granulométrique seront étudiés.

Ces prélèvements sont très ponctuels, la surface échantillonnée n'est que de 4 dm². Ainsi, une cartographie par prélèvements seuls est imprécise, surtout quand les contrastes granulométriques sont forts. L'association des prélèvements au sonar latéral et à la prospection vidéo permet de calibrer les images sonar, en associant un sédiment à un type de réponse acoustique. Réciproquement cette association des techniques aboutit à ne plus effectuer des prélèvements aléatoires, mais à les implanter avec précision en fonction des informations fournies par les sonogrammes et la bathymétrie.

380 échantillons ont ainsi été collectés dans la zone (fig. 4).

b) La répartition verticale des sédiments meubles et leur relation avec le substratum rocheux ont pu être étudiés par deux techniques :

- La sismique réflexion, mise en oeuvre par l'Ifremer dans le cadre du programme "Granor", a pour but de localiser, au-dessus du substratum, des gisements de granulats marins mis en place par les courants au cours des variations du niveau marin, ou dans d'anciens lits de rivière lors des périodes de bas niveau marin. Lors de la mission "Granor" d'avril 1984, 100 km de profils sismiques ont été établis (fig. 5) dans le secteur étudié.

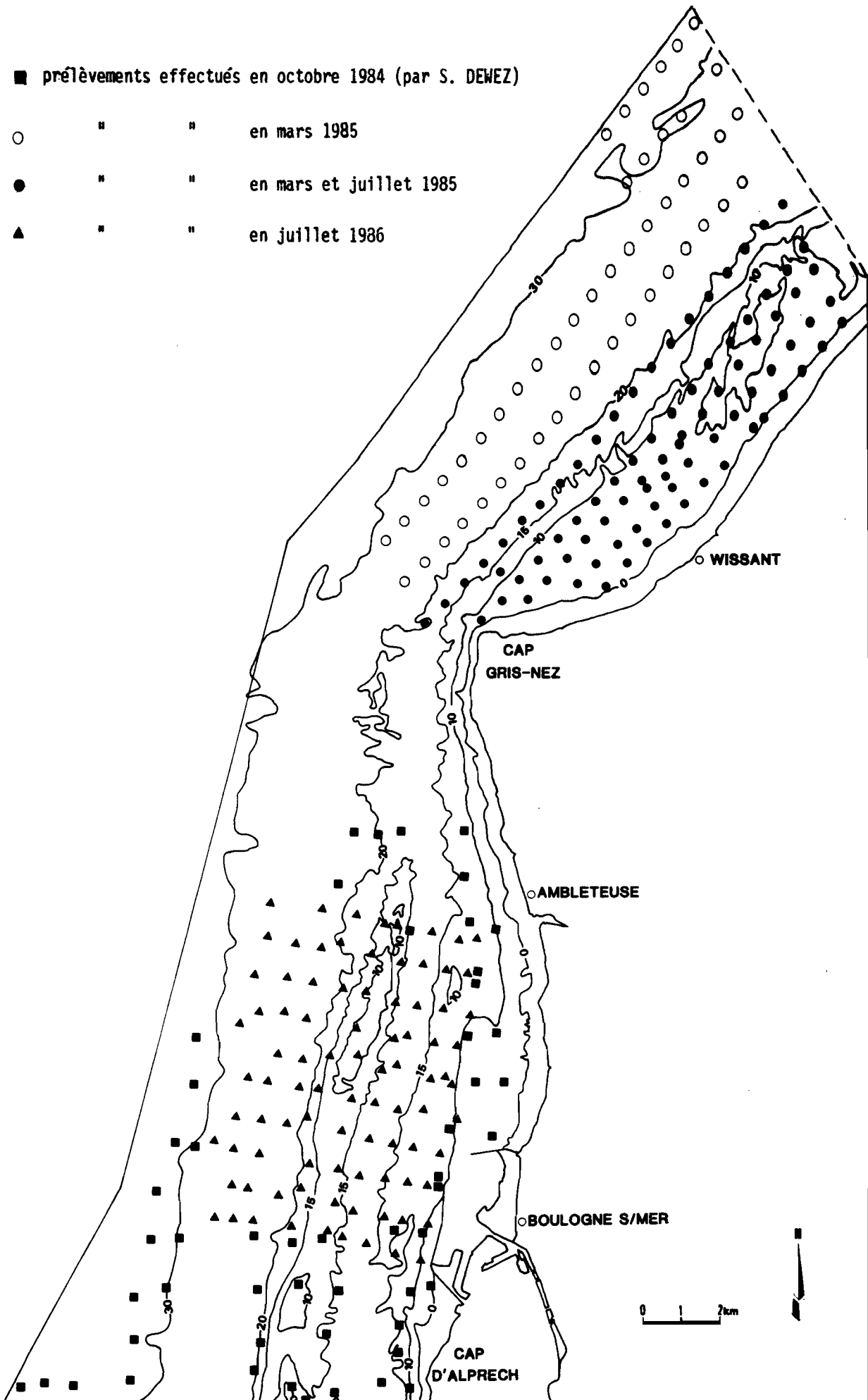
- Le vibrocarottage permet un échantillonnage vertical des sédiments, des sites reconnus par sismique-réflexion, sur une épaisseur maximale de 5 mètres. Au cours de la mission "Granor" d'août 1985, 45 carottages ont été réalisés par Ifremer. Les 15 carottes de la zone de Boulogne (fig. 5), qui représentent une longueur totale de 25 mètres, ont été photographiées, décrites puis échantillonnées au laboratoire. Les échantillons prélevés à chaque changement de faciès sont au nombre de 100.

■ prélèvements effectués en octobre 1984 (par S. DEWEZ)

○ " " en mars 1985

● " " en mars et juillet 1985

▲ " " en juillet 1986



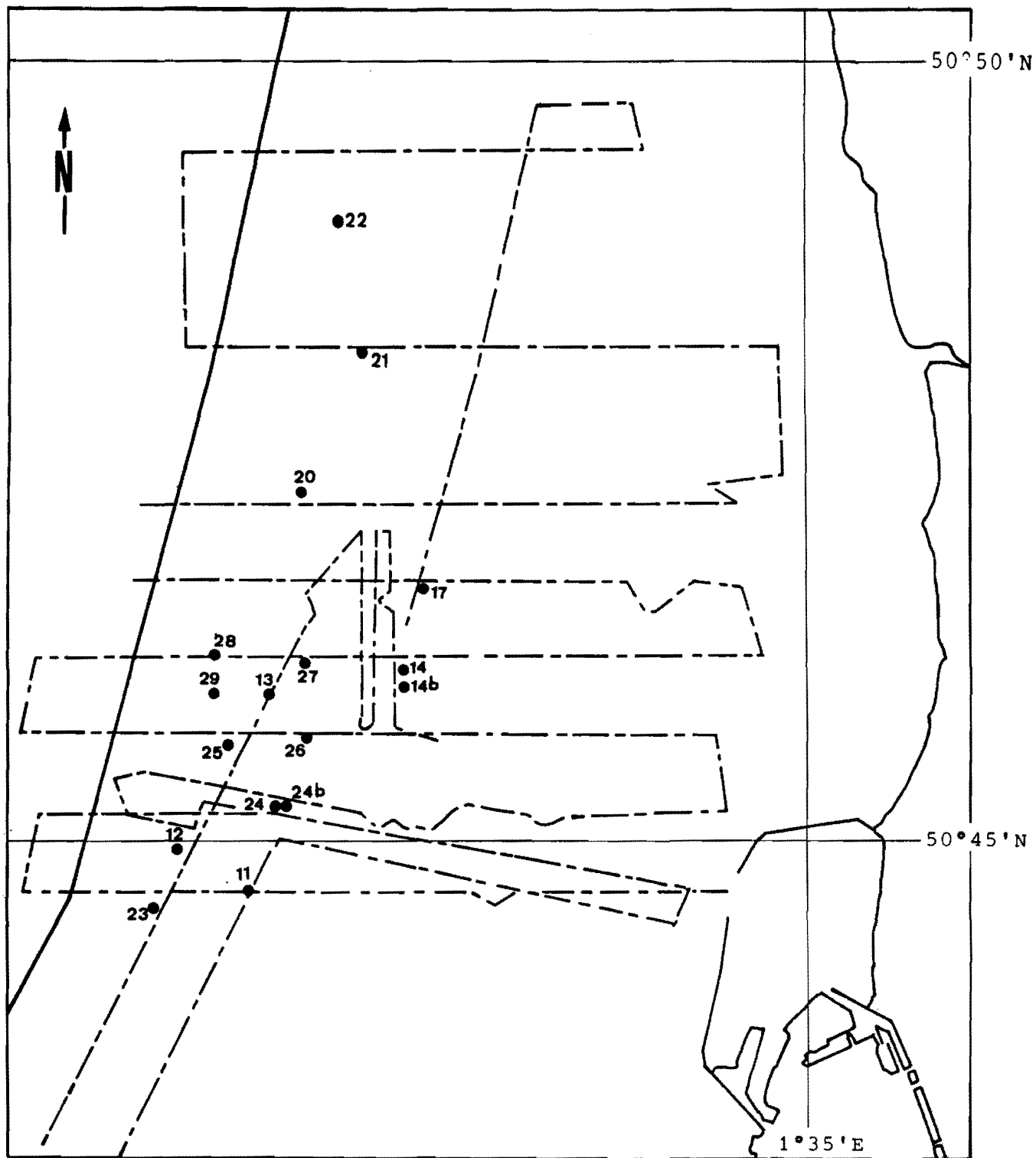


Figure 5 : Situation des profils de sismique-réflexion (mission "Granor", avril 1984) et des carottages ("Granor", août 1985).

2) AU LABORATOIRE

a) Analyses sédimentologiques

Chacun des 480 échantillons a été étudié par les techniques suivantes :

- granulométrie des fractions graveleuse et sableuse sur une colonne de tamis de norme AFNOR ;
- dosage du calcaire.

D'autres analyses sont en cours :

- microgranulométrie de la fraction inférieure à 63 μ m à l'aide du sédi-graph 5 000 D ;
- observation des frottis au microscope ;
- détermination du cortège argileux par diffraction des rayons X ;
- observation des refus de tamis de sédiments caractéristiques à la loupe binoculaire.

b) Traitement des données

L'ensemble des données de granulométrie et de calcimétrie a fait l'objet de programmes établis grâce à l'aide de J. PATOUILLARD :

- fichier des analyses granulométriques et calcimétriques ;
- 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, ...) ;
- détermination du type de sédiment en fonction de la nomenclature de la carte des sédiments superficiels de la Manche (VASLET, LARSONNEUR et AUFFRET, 1978) ;
- 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.

IV - RESULTATS

1. NATURE ET MORPHOLOGIE DE LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE MEUBLE

a) Apports du sonar latéral, couplé à la bathymétrie

Le dépouillement des sonogrammes établis de 1983 à 1986 a permis d'établir, en collaboration avec C. AUGRIS, S. DEWEZ et J.-P. AUFFRET, une cartographie des formations sédimentaires et rocheuses superficielles entre la baie d'Authie et le Cap Blanc-Nez. Cette carte donne, à l'échelle de la carte marine (1/43 400 à 50°50'N), une vue en plan des fonds sous-marins. Elle montre la répartition des différents faciès sédimentaires et l'organisation des sédiments en figures d'échelle très variable (bancs, vagues de sable, rubans, ...).

Son édition, en cinq couleurs, aura lieu au début de l'année 1987.

Les principaux faciès reconnus sont :

- Les fonds sableux, constitués surtout par les bancs et le prisme littoral.
- Les fonds caillouteux, en position interbanc.
- Les fonds rocheux, situés devant Boulogne et dans le prolongement des falaises du Cap Gris-Nez.

Les différents types de structures sédimentaires sont, par ordre de taille décroissante :

* Les bancs sableux, structures longitudinales de grande extension, dont la longueur peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres, la largeur 2 à 4 kilomètres, et la hauteur 10 à 20 mètres.

Dans notre zone, les deux bancs observés ont une situation très différente (fig. 1). Entre Boulogne et le Cap Gris-Nez, la partie septentrionale de la Bassure de Baas a une orientation grossièrement parallèle à la côte (Sud-Nord). Par contre, le Banc à la Ligne est soudé au Cap Gris-Nez, et orienté du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Ce banc se raccorde à l'estran sableux.

Remarque : La dissymétrie caractéristique des bancs au sud de Boulogne (cf. travaux S. DEWEZ) est peu marquée sur la partie septentrionale de la Bassure de Baas (fig. 6).

* Un profil longitudinal de la Bassure de Baas (fig. 7) montre la présence de structures transversales : les vagues de sable ("Sandwaves") ou ridins. Leur longueur d'onde varie de 100 à 250 mètres, pour une hauteur de 2 à 5 mètres.

Ces vagues de sable, fréquentes sur les bancs, se rencontrent parfois en position interbanc. Elles peuvent être isolées ou non. Leur longueur d'onde peut alors atteindre

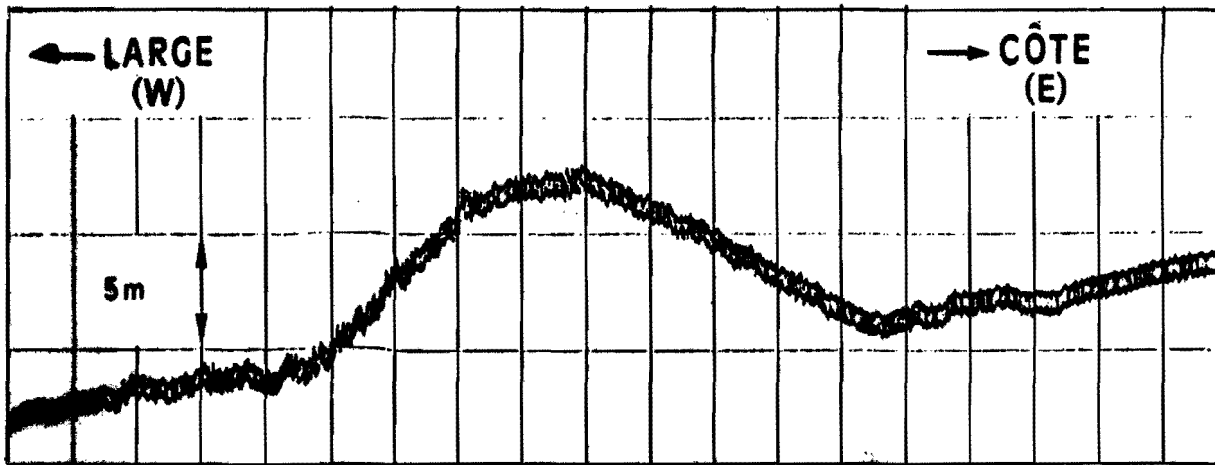


Figure 6 : Profil bathymétrique transversal de la Bassure de Baas au Nord de Boulogne-sur-Mer.

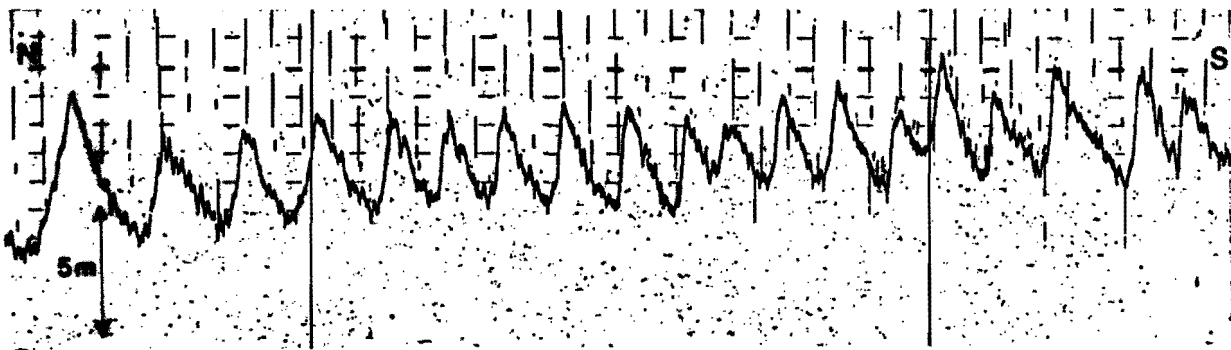


Figure 7 : Profil bathymétrique longitudinal de la Bassure de Baas, devant Ambleteuse.

En baie de Wissant, on rencontre :

- des vagues de sable isolées en pied de Banc à la Ligne (fig. 8),
- un ensemble de vagues de sable, appelé la Barrière, dans le prolongement du Banc à la Ligne.

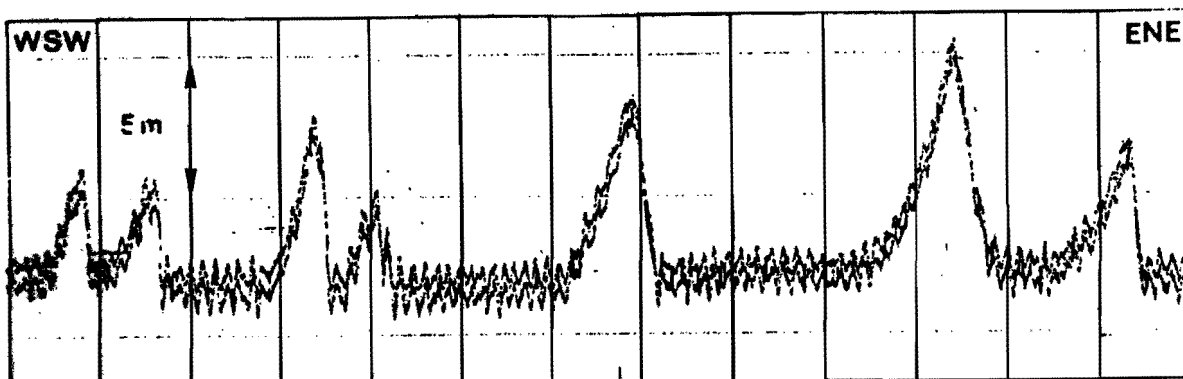


Figure 8 : Profil bathymétrique des vagues de sable, en pied de banc à la Ligne.

* Les mégarides de courant sont aussi des figures transversales très fréquentes sur les substrats sableux et graveleux. Leur longueur d'onde est inférieure à 20 mètres et leur amplitude peut atteindre 1 mètre. On les rencontre sur les bancs, les vagues de sable et des structures telles que rubans et tâches sableuses.

Toutefois, leurs caractéristiques (longueur d'onde, direction, ...) diffèrent selon le type de structure associée :

- La longueur d'onde des mégarides, inférieure à 5 mètres en bordure de banc, augmente à mesure qu'on s'élève sur le banc : elle passe à 5-10 mètres, puis, fréquemment à 10-20 mètres vers le sommet (fig. 9).

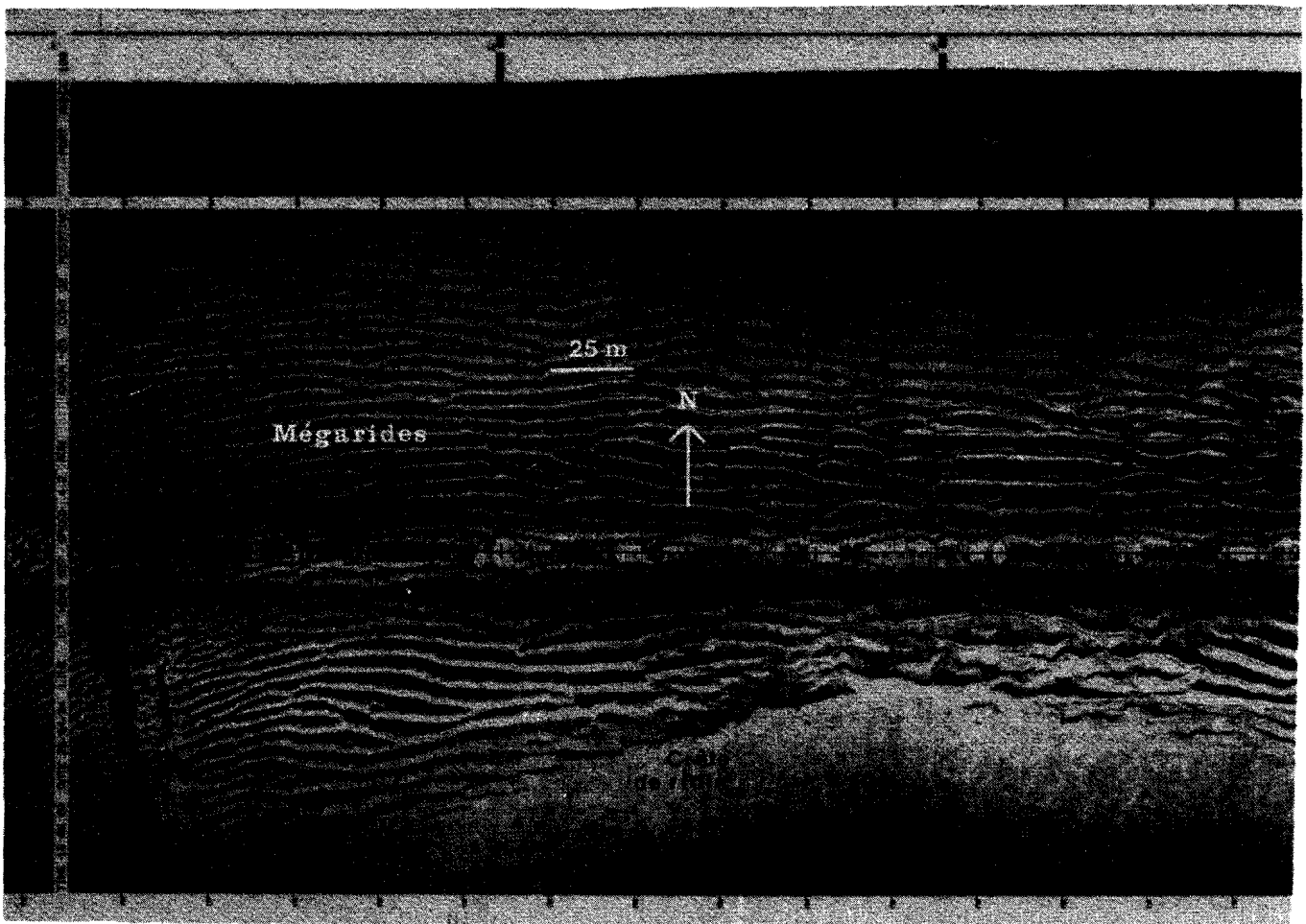


Fig. 9 : Variation de la longueur d'onde des mégarides de la bordure vers le flanc de la Bassure de Banc (la bordure du banc se trouve à gauche de l'enregistrement).

- Les crêtes de mégarides, parallèles aux crêtes des vagues de sable dans les parties inférieures de celles-ci, tendent à devenir sub-perpendiculaires vers le sommet (fig. 10). Ceci témoigne de la complexité des courants au niveau de ces structures.

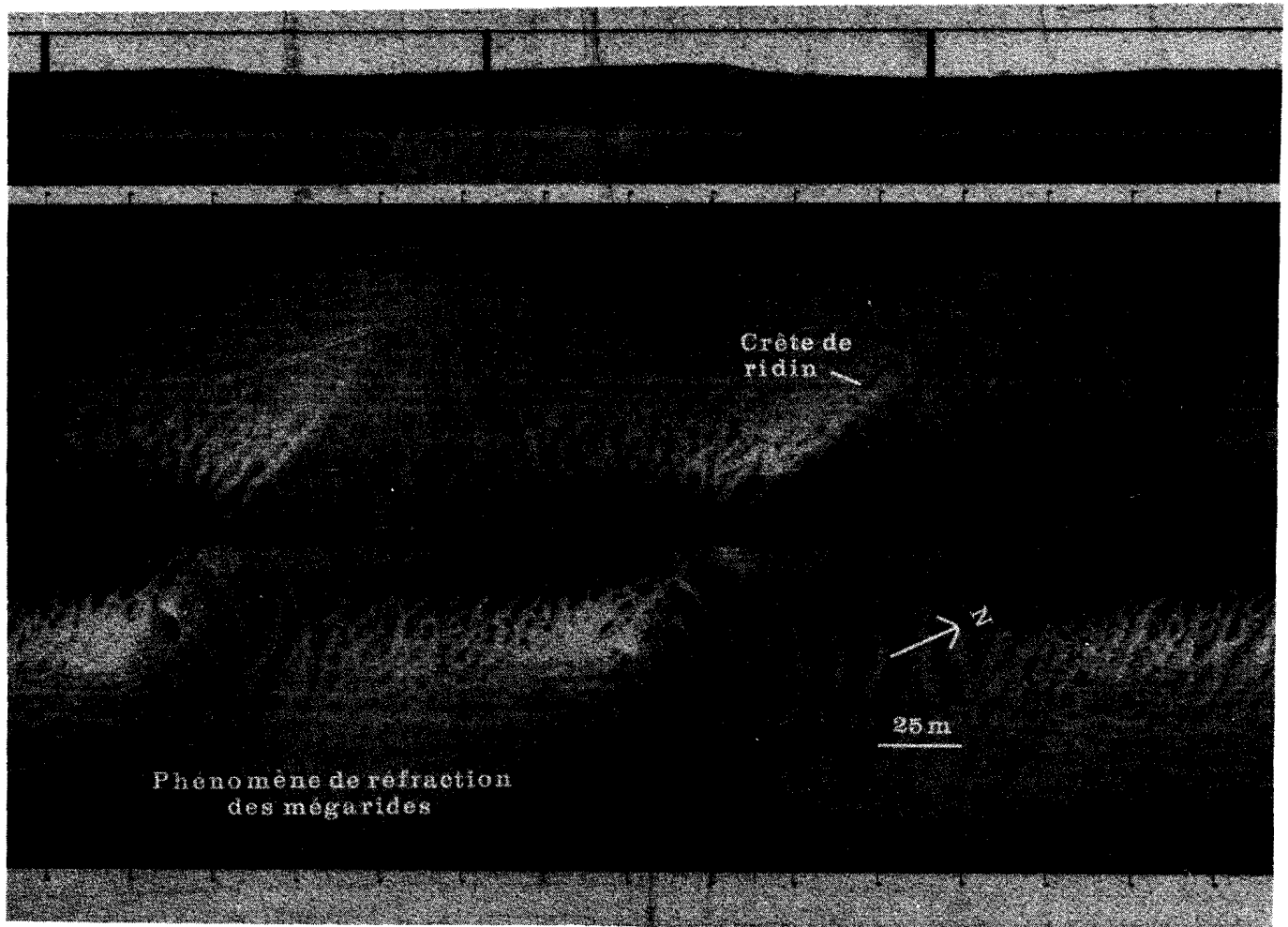


Figure 10 : Réfraction des mégarides sur une vague de sable.

* Les mégarides de houle ont une longueur d'onde plus courte (2 à 4 mètres), et apparaissent symétriques et plutôt rectilignes. Elles ont été observées localement après une tempête, à une profondeur de 9 mètres. La direction N-S des crêtes de ces mégarides traduisait une propagation W-E des houles de tempête.

Dans les domaines caillouteux, entre les bancs, d'autres structures sableuses ont été identifiées :

- les rubans sableux sont des figures longitudinales de courant. Leur largeur peut varier de 5 à 200 mètres, leur longueur de quelques dizaines de mètres à plusieurs kilomètres (fig. 11). Ces structures, composées de sable fin à moyen, reposent sur un substrat plus grossier, sont typiques des zones à fort courant. On les rencontre au Nord de Boulogne, en périphérie et à la terminaison de la Bassure de Baas. La présence de mégarides sur certains de ces rubans témoigne d'une épaisseur de sédiment assez importante (plusieurs dizaines de centimètres). Latéralement, la largeur et la densité des rubans diminue quand on s'éloigne de la bordure du banc. On peut alors passer à des voiles sableux discontinus et très peu épais.

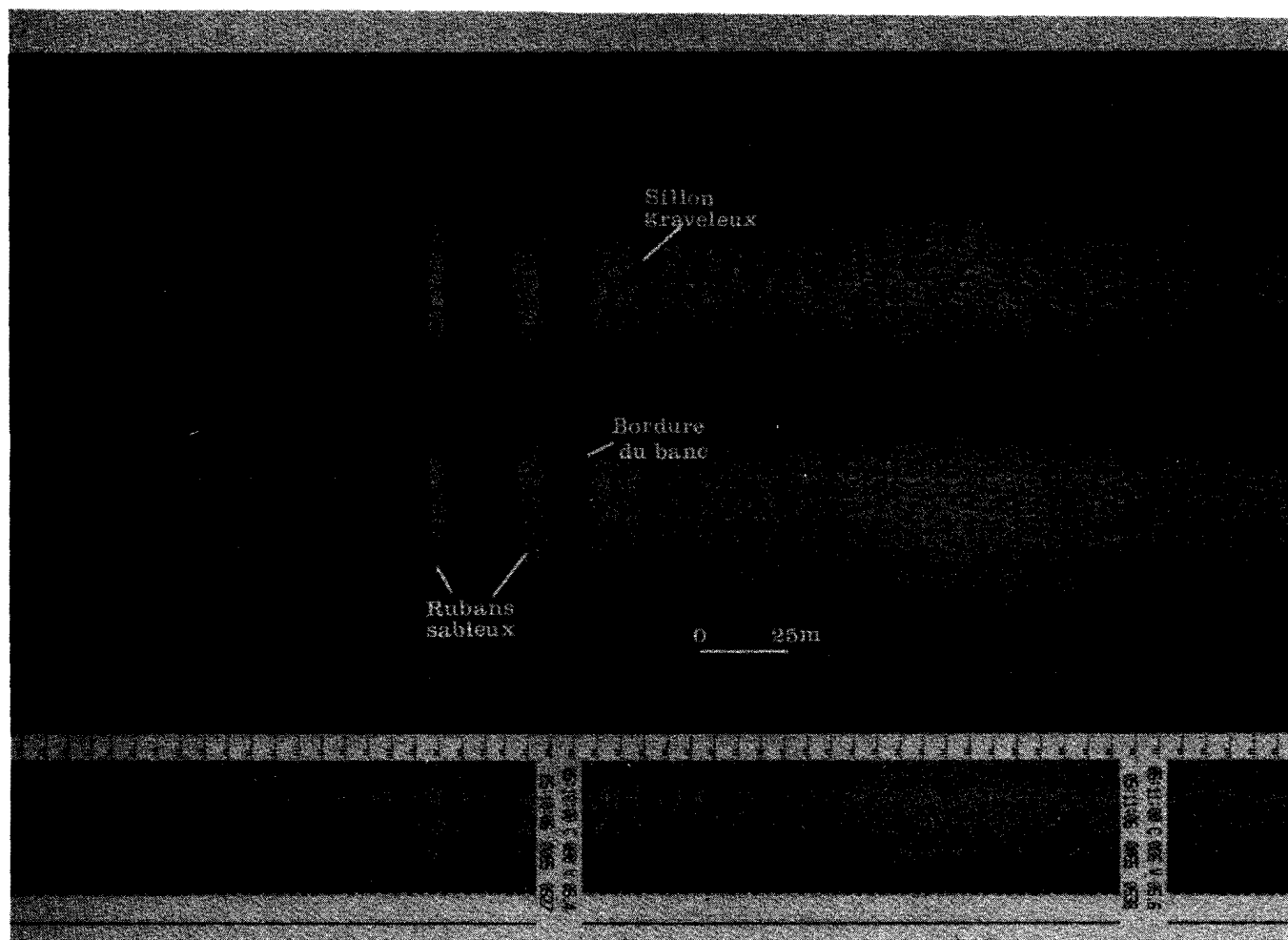


Figure 11 : Observation de rubans sableux en bordure du banc de la Bassure de Baas.

- Les tâches sableuses ont une forme diffuse : ce sont des amas sableux de taille variable (10 à 150 mètres), parfois couverts de mégarides reposant aussi sur un substrat plus grossier (fig. 12).

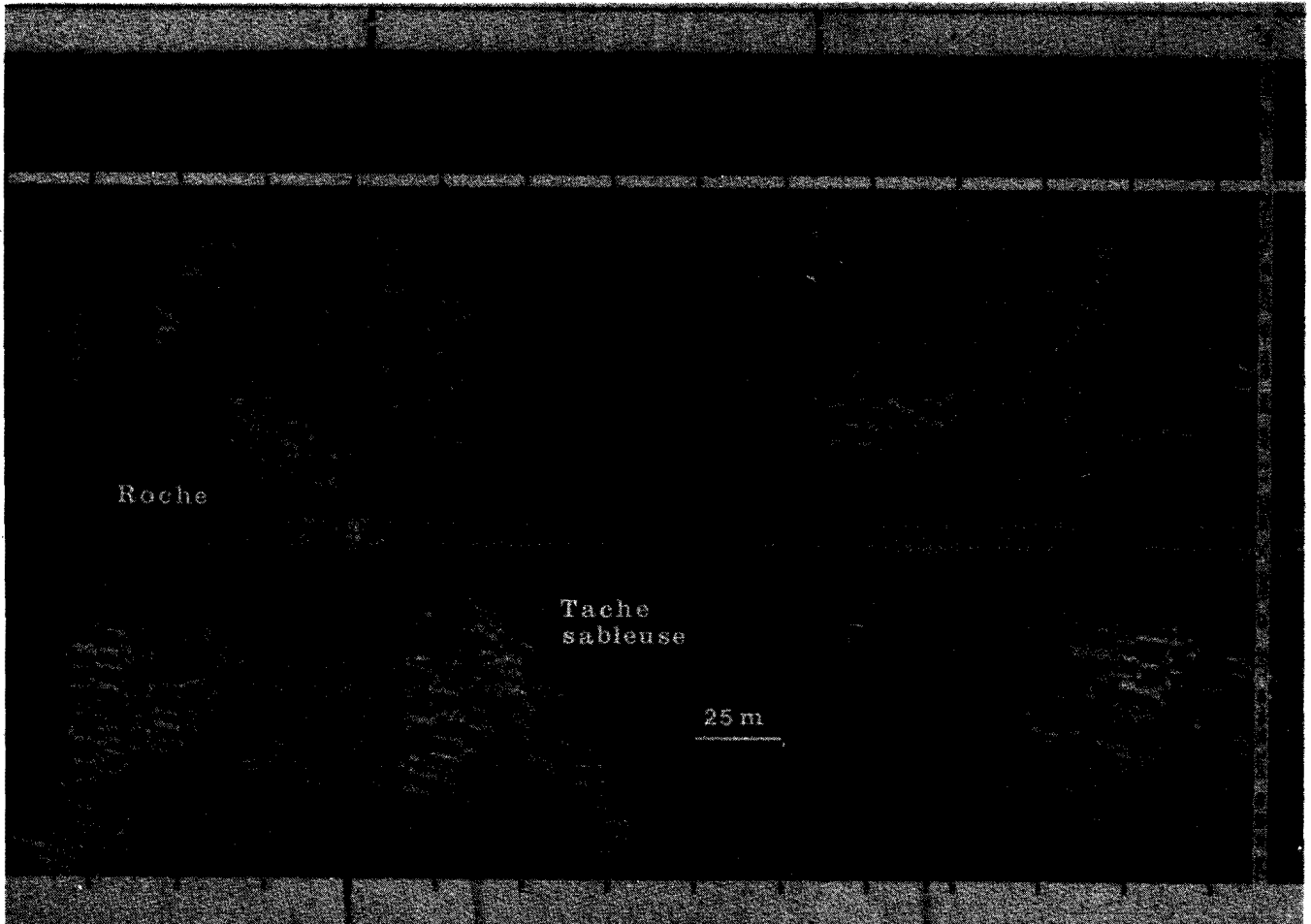


Figure 12 : Observation de taches sableuses sur substrat rocheux, au large d'Andresselles.

b) La prospection vidéo et les plongées

Ces observations, effectuées lors de la mission d'octobre 1986, sont trop préliminaires pour être développées ici.

c) Les prélèvements à la benne Shipeck permettent, d'une part la détermination précise du contenu lithologique et granulométrique des sédiments, et, d'autre part, le calibrage et le lever de doute de l'image sonar latéral.

- En baie de Wissant, les prélèvements saisonniers effectués en mars et juillet 1985 ont permis de distinguer deux faciès des sables fins qui couvrent le Banc à la Ligne et l'estran.

En période estivale, la zonation de ces deux sédiments est nette : l'estran est composé de sable de couleur beige, dont le grain moyen varie de 220 à 315 μm ; alors que le sommet du banc et le raccord à l'estran sont composés de sable de couleur grise, plus fin (le grain moyen varie de 180 à 200 μm) (fig. 13a).

Par contre, en période hivernale, l'érosion entraîne un départ des sédiments, principalement dans la partie inférieure de l'estran de Wissant, et met à l'affleurement les sables gris, plus fins, sous-jacents (cf. D.E.A.) (fig. 13b).

Les prélèvements en mer ont montré que ces sables "d'estran" apparaissent en hiver sur le sommet du Banc : ceci permet donc d'aborder les relations hydrosédimentaires entre Banc à la Ligne et estran, et de montrer l'importance des transports sédimentaires perpendiculaires à la côte.

De plus, les sables prélevés à l'estran ne couvrent pas la totalité du Banc à la Ligne en hiver, mais seulement sa partie sommitale, ménageant un "chenal" entre le banc et l'estran où les sables gris, typiques du banc, restent à l'affleurement.

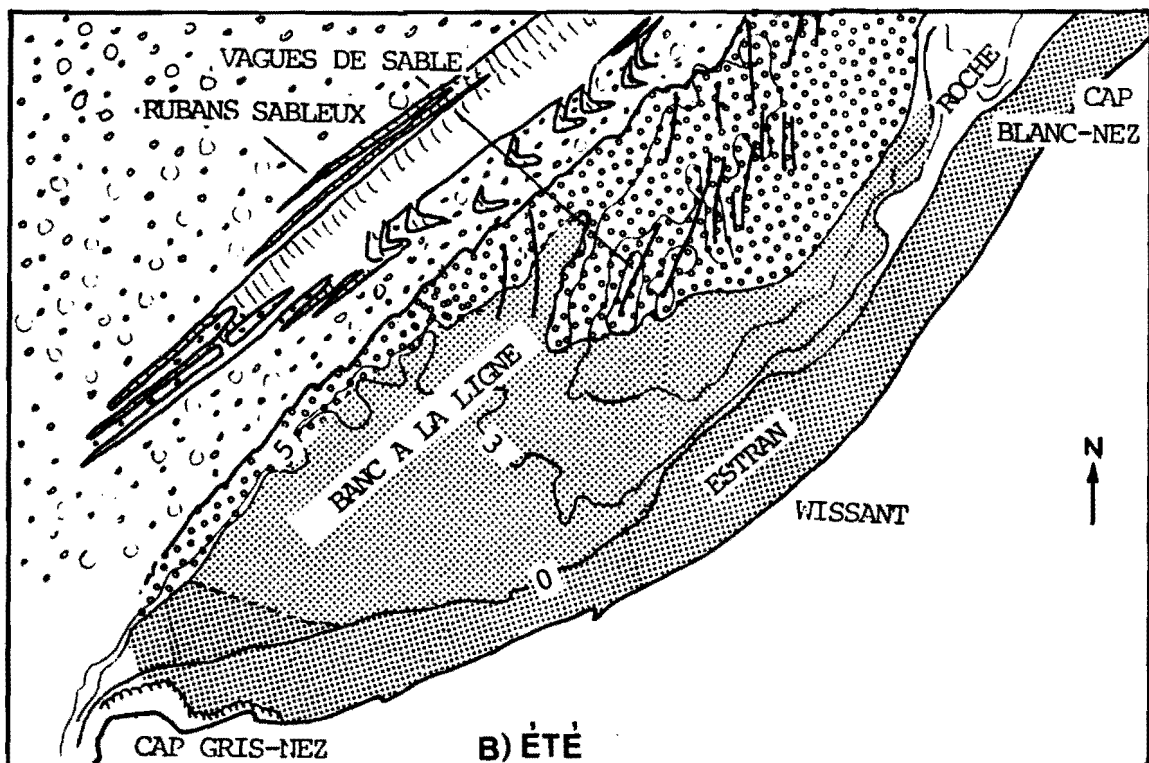
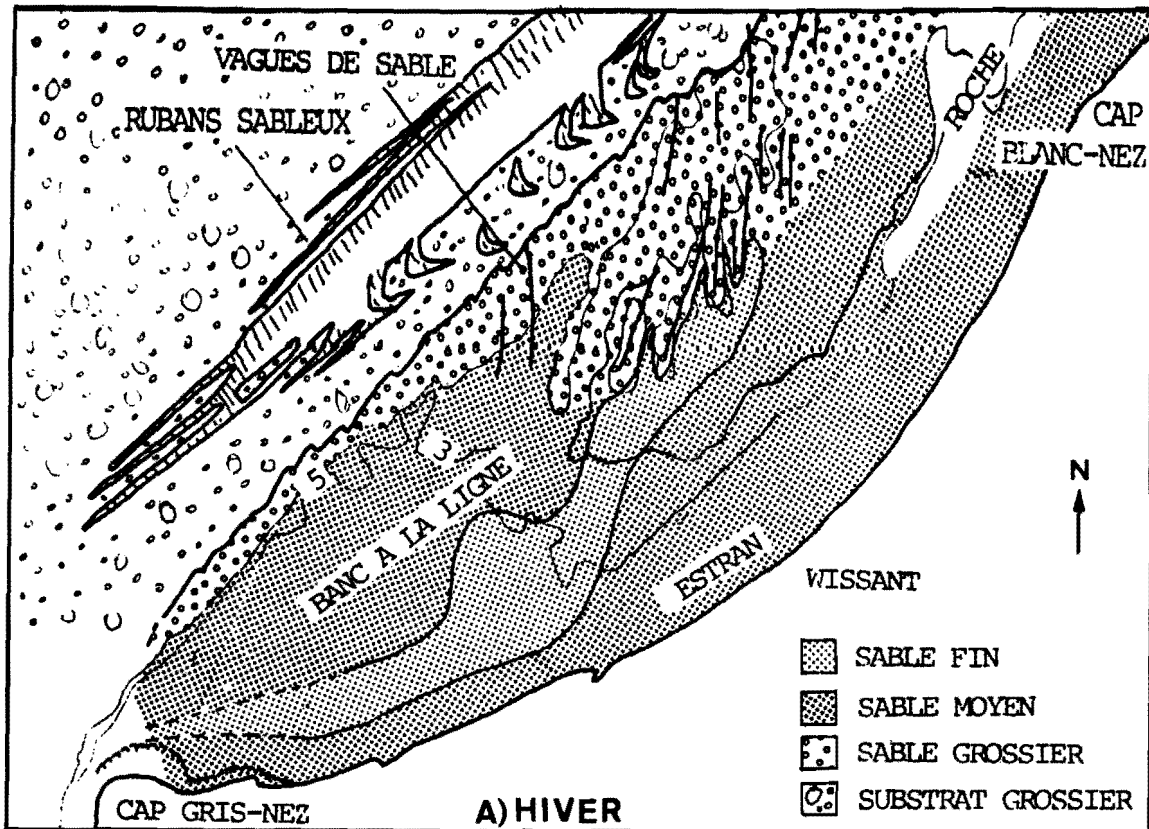
Cette observation conforte l'hypothèse émise lors du D.E.A. de l'existence d'un contre-courant entre Banc à la Ligne et estran, orienté du NE vers le SW. Celui-ci serait responsable de l'absence de dépôt de sable "d'estran" en hiver dans la dépression entre banc et estran.

- Plusieurs exemples montrent nettement la complémentarité entre les enregistrements au sonar latéral et les prélèvements :

. En un point où l'image sonar indiquait du cailloutis, le prélèvement à la benne a montré la présence de 30 % de sable au sein du cailloutis. Dans ce cas, le sonar n'indique que le constituant dominant du sédiment.

. Inversement, un levé sonar latéral, dans une zone où les prélèvements montraient du sable graveleux, a mis en évidence la présence de rubans sableux sur un substrat plus grossier, graveleux. Dans ce cas, la reconnaissance, au sonar latéral, de la structure sédimentaire, a permis de distinguer deux composants majeurs d'un échantillon qui paraissait hétérogène. Ceci conduit à envisager l'analyse granulométrique de cet échantillon en deux étapes : la fraction sableuse constitutive du ruban, plus mobile, et la fraction graveleuse qui lui sert de support.

Un lever de doute de l'image sonar peut être effectué par prélèvement. A titre d'exemple, dans un environnement de sable fin, où apparaissent des taches plus sombres, identifiables à de la roche, l'échantillon prélevé a montré la présence de lanice (vers tubicoles) en grande quantité. Ces organismes confèrent au sable fin qu'ils piègeaient un coefficient de retrodiffusion anormal.



2. APPORT DES SONOGRAMMES A LA CONNAISSANCE DES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES PAR CHARRIAGE (OU CHARRIAGE + SALTATION)

Les figures sédimentaires observées résultent de l'action des courants à l'interface eau-sédiment sur le stock sédimentaire meuble. Les vitesses du courant de fond peuvent être différentes de celles mesurées dans la masse d'eau (les mesures du SHOM, par exemple, sont effectuées à 5 mètres sous la surface), en raison du frottement sur le fond. La chute des vitesses de courant près du fond peut s'accompagner d'une légère modification de la direction du courant, au contact des irrégularités du fond (vagues de sable, cailloutis, roche, ...).

Ce courant de fond est en fait la fraction efficace du courant de marée sur le transport sédimentaire par charriage.

Ainsi, différents types d'observation sonar latéral peuvent renseigner sur les directions du transport et les courants :

- La dissymétrie des vagues de sable indique une direction de transport résultant dans le sens de la pente la plus forte.

- Les rubans sableux, observés latéralement et à la terminaison de la Bassure de Baas, témoignent, par leur allongement très important de la linéarité des directions de transport, et du caractère alternatif des courants.

- Le passage d'une tache de sable à un ruban sableux allongé semble traduire une accélération du courant. La direction du transport est alors matérialisée par l'axe du ruban.

- En baie de Wissant, le passage continu de voiles sableux à des rubans puis à des vagues de sable, au pied du Banc à la Ligne, traduirait une augmentation du stock sédimentaire, associée à une diminution de l'intensité des courants, quand on s'éloigne du Cap.

* Cas particulier : transit sédimentaire au niveau du Cap Gris-Nez :

Entre les rubans terminaux de la Bassure de Baas, de direction Sud-Nord, et ceux situés au pied du Banc à la Ligne (orientés Sud-Ouest - Nord-Est), le transit sédimentaire est modifié par les surélévations rocheuses qui prolongent les falaises du Cap. Les sonogrammes montrent la présence de taches sableuses éparses entre les bancs rocheux, et de placages sableux sur ces bancs. Ceci montre :

- . que le transit sédimentaire n'est pas interrompu par les "murailles" rocheuses, mais simplement modifié ;

- . que le transit se fait parallèlement à la côte, de part et d'autre du Cap.

De plus, l'observation des remontées de sable en surface, devant le Cap Gris-Nez, témoigne de courants tourbillonneux auxquels vient probablement s'ajouter l'effet

Ceci permettrait à une partie du sédiment de franchir les barrières rocheuses du Cap Gris-Nez par un phénomène de saltation.

3. ETUDE DE LA REPARTITION VERTICALE DES SEDIMENTS PAR SISMIQUE REFLEXION ET VIBROCAROTTAGE

a) Résultats de la sismique-réflexion

Les 100 kilomètres de profils, établis par IFREMER lors de la mission "GRANOR" d'août 1984, permettent d'aborder les relations entre couverture sédimentaire et substratum (fig. 14). Ainsi, les bancs et les vagues de sable isolées semblent reposer sur un substratum plan ou peu incliné. Les profils obtenus ne permettent pas l'observation d'une couche intermédiaire entre substratum et banc, ni de structures internes au banc, probablement en raison de l'homogénéité du sédiment et de l'absence de discontinuité.

La couverture sédimentaire quaternaire (ancienne), discordante sur le substratum jurassique semble colmater des dépressions morphologiques. Sur certains profils plusieurs phases de dépôt ont pu être différenciées. Elles témoignent de l'instabilité des niveaux marins au cours du Quaternaire.

Le substratum jurassique apparaît légèrement plissé (devant Wimereux par exemple), faillé et parfois redressé, (devant le Cap Gris-Nez). Il est constitué d'alternances de bancs durs et tendres, ce qui entraîne un phénomène d'érosion différentielle, avec mise en relief des bancs durs et surcreusement des bancs plus tendres.

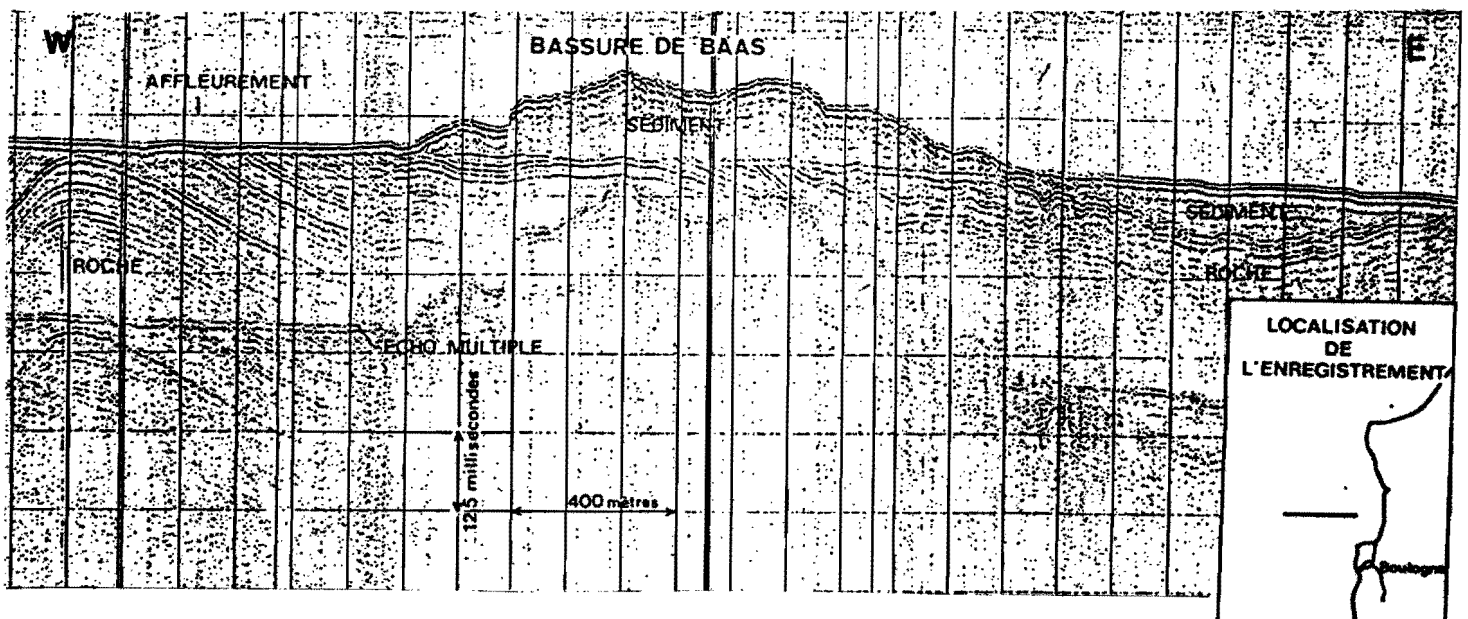


Figure 14 : Enregistrement de sismique-réflexion au Nord-Ouest de Boulogne.

b) Résultats du vibrocarottage

Les analyses granulométriques et calcimétriques des 100 échantillons issus des carottages ont montré l'extrême diversité du matériel sédimentaire : sables riches en oxyde de fer ou en débris réduits, cailloutis d'origine fluviatile repris et emballés dans une matrice argileuse marine ... (cf. rapport Granulats, C. AUGRIS). Sur un matériel sédimentaire aussi hétérogène, et dans lequel aucun niveau-repère n'apparaît, les corrélations stratigraphiques ne peuvent être effectuées que par datation (par la méthode Carbone 14) de certains niveaux riches en coquilles ou en bois flottés.

Les difficultés rencontrées pour obtenir de telles datations interdisent donc actuellement l'interprétation des carottes.

Ainsi, seule sera exposée ici la méthode d'interprétation des carottes, par recoupement des analyses sédimentologiques et des enregistrements de sismique-réflexion et de sonar latéral.

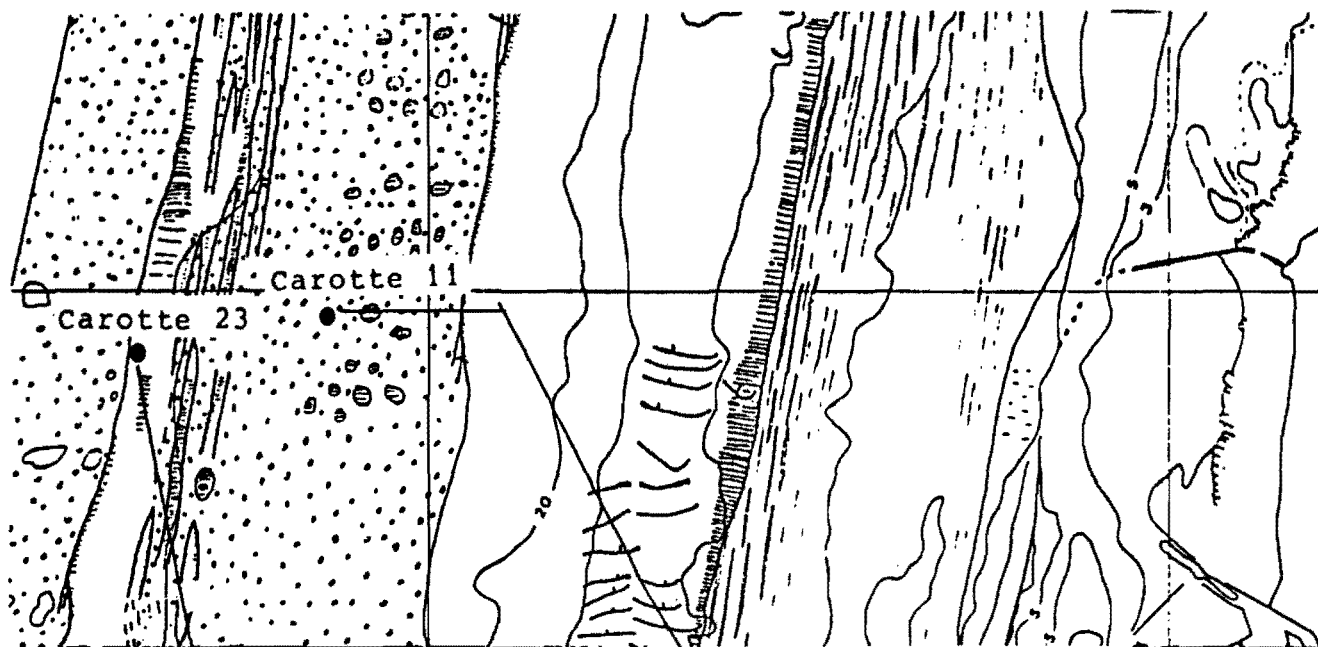
- Le sonar latéral permet de définir la nature de la couverture sédimentaire actuelle au point de carottage.

- La sismique-réflexion permet de connaître la superposition des couches sédimentaires. Toutefois, étant donnée la faible longueur des carottes (2 m en moyenne) et la définition de la sismique-réflexion (l'épaisseur du "signal" sismique est de 3 m environ pour le "boomer" utilisé), les informations se recoupent dans un nombre limité de cas.

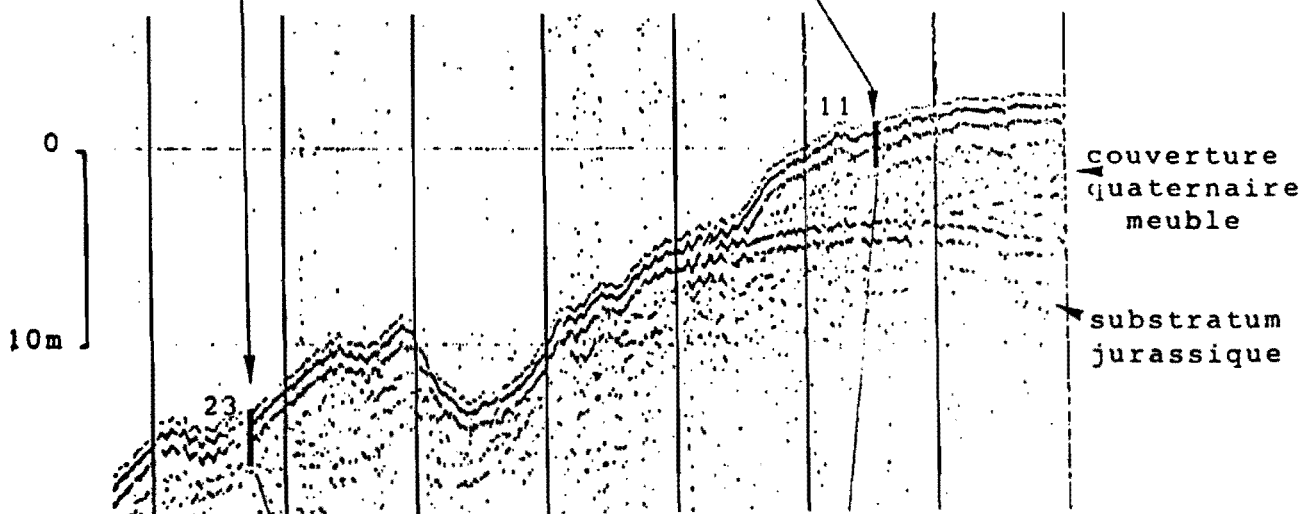
- Les carottages permettent de caractériser les faciès sédimentaires et de mesurer leur épaisseur.

A titre d'exemple, la méthode d'interprétation des carottes est exposée dans la figure n° 15 : les profils de sonar latéral et de sismique réflexion passant par les sites de carottage n° 11 et 23 ont permis de corréliser ces deux carottes, dont les sédiments apparaissent différents en faciès et en épaisseur. Le sonar latéral nous montre que la couche superficielle est de nature sableuse sur chacun des sites.

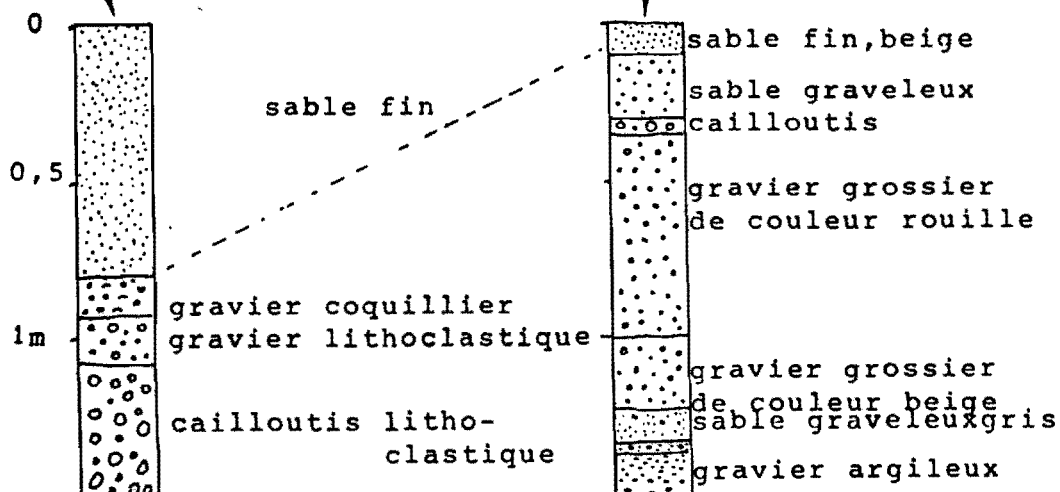
a) SITUATION DES CAROTTES SUR LA CARTE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES



b) SITUATION SUR UN PROFIL DE SISMIQUE-REFLEXION



c) RESULTAT DU VIBROCAROTTAGE



V - TRAVAUX EN COURS OU PREVUS A COURT TERME

1. SUR LE TERRAIN

a) Etude des déplacements sédimentaires aux abords du Cap Gris-Nez, par traçage radioactif (effectué par l'équipe du CEA/SAR dirigée par M. CAILLOT)

Le dépôt sur le fond de faibles quantités de verre irradié de même granulométrie que le sédiment, et le suivi périodique des déplacements de ce sédiment "marqué", ont pour but de définir les directions de transport sédimentaire sous l'action des agents hydrodynamiques (courants et houles), et d'évaluer les volumes sédimentaires déplacés au cours d'une période assez longue (6 mois environ).

Dans notre cas, 5 injections ont été effectuées en septembre 1986. Elles se situent :

- devant Wimereux (2 points), de part et d'autre du banc sableux de la Bassure de Baas. ;

- en baie de Wissant : 3 points sont retenus, l'estran, sur le Banc à la Ligne et au pied de ce banc, selon une radiale perpendiculaire à la côte.

Une telle implantation devrait permettre non seulement de définir les mouvements sédimentaires à l'intérieur de la baie, mais aussi de résoudre les problèmes d'érosion marine littorale.

Nous participerons à l'ensemble de ces opérations et à leur traitement, qui se situent dans le cadre de la Convention IFREMER/Région.

b) Courantologie

Deux types de mesures seront effectués au début de l'année 1987 :

- Des mesures en continu, pendant un cycle de marée, à l'aide d'un courantomètre Anderaa. Le courantomètre sera placé sur une potence posée sur le fond (la potence est en cours de construction).

- En complément, des profils de courant seront effectués à intervalles réguliers (1/2 h) pendant la même durée, à l'aide d'un courantomètre Braystoke.

c) Prélèvements complémentaires

- Quelques prélèvements à la benne seront effectués entre les bancs rocheux qui prolongent le Cap Gris Nez. Ils seront positionnés d'après les profils sonar latéral déjà établis.

- Des prélèvements de sédiment en transit sur le fond et dans la masse d'eau seront effectués, parallèlement aux mesures courantologiques. Ceci aurait pour but

2. AU LABORATOIRE

Analyses complémentaires des échantillons déjà prélevés, notamment de leur fraction fine : microgranulométrie, étude du cortège argileux par diffraction des R X, observation microscopique des frottis.

3. AUTRES

- Dépouillement des profils sonar latéral établis par l'EPSHOM dans le rail de navigation.

- Comparaison des cartes bathymétriques anciennes, tout particulièrement dans le cas du Banc à la Ligne, dont les déplacements ont été beaucoup plus rapides dans le temps que ceux des autres bancs.

VI - COLLABORATIONS EXTERIEURES

- M. BOURGOIN, Directeur du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, met à notre disposition les enregistrements bathymétriques et courantologiques actuels et anciens effectués dans la zone d'étude.

- J.-P. AUFFRET (Université de Caen) participe à l'interprétation des données sonar latéral.

- A. MASCLE et C. RAVENNE, Ingénieurs à l'Institut Français du Pétrole participent à l'interprétation des profils de sismique-réflexion.

- J. SOMME, Professeur de Géographie physique à l'Université de Lille I, collabore à l'étude des carottes.

- M. FONTES (Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie isotopique, Université de Paris Sud) sera contacté pour les datations au carbone 14 des échantillons des carottes.

VII - DIFFUSION DES DONNEES

1. PRESENTATIONS ORALES

- Séminaire d'Ambleteuse, Région/IFREMER, septembre 1985 : 2 communications.
- Réunion des Sciences de la Terre, Clermont-Ferrand, 25-27 mars 1986 : 1 communication (précisions sur la répartition des sédiments actuels en Manche nord-orientale.
- Séminaire de Lesquin, Région/IFREMER, septembre 1986 : 1 communication.

2. PUBLICATIONS

- CLABAUT P., CHAMLEY H., 1985.- Observations sédimentologiques sur le littoral du Site des Caps. Ann. Soc. géol. Nord, sous presse.
- CLABAUT P. CHAMLEY H., BECK C., 1985.- Etude sédimentologique du littoral de Wissant. Semin. EPR/IFREMER, Ambleteuse. Doc. Région Nord - Pas-de-Calais : 97-100.
- AUGRIS C., CLABAUT P., 1985.- Répartition des formations superficielles au large de Boulogne-sur-Mer (Cap Gris-Nez, Baie d'Authie). Sémin. EPR/IFREMER, Ambleteuse. Doc. Région Nord - Pas-de-Calais : 101-105.
- CLABAUT P., DEWEZ S., AUGRIS C., 1986.- Précisions sur la répartition des sédiments actuels en Manche nord-orientale. 11ème Réunion ann. Sciences de la Terre : 37. Soc. géol. France édit.

VIII - CONCLUSIONS GENERALES - AXES DE RECHERCHE

L'étude des 700 km de profils sonar latéral et des 400 prélèvements à la benne a permis de définir précisément la morphologie des fonds et la répartition des sédiments superficiels. Ainsi, les bancs sableux présentent plusieurs types de structures surimposées : vagues de sable, mégarides.

Les deux bancs observés dans la zone d'étude occupent des positions très différentes : parallèle à la côte pour la partie nord de la Bassure de Baas, soudé au Cap Gris-Nez pour le Banc à la Ligne.

Latéralement aux bancs et à leur terminaison, d'autres figures sédimentaires, les rubans sableux, traduisent l'importance des transits parallèles à la côte et la linéarité du transport. A cette circulation parallèle à la côte s'ajoutent, en baie de Wissant, des échanges entre le sommet du banc à la Ligne et l'estran.

Le traçage radioactif en cours a pour but d'évaluer les volumes sédimentaires déplacés, et de définir la mobilité des structures (bancs, vagues de sable).

Ces résultats, couplés aux données du sonar latéral et aux mesures courantologiques, permettront de quantifier les transports sédimentaires et d'établir le bilan sédimentaire d'une zone aussi sensible que la baie de Wissant.

Enfin, l'évolution ancienne des bancs sera abordée par l'analyse des cartes et minutes bathymétriques anciennes.