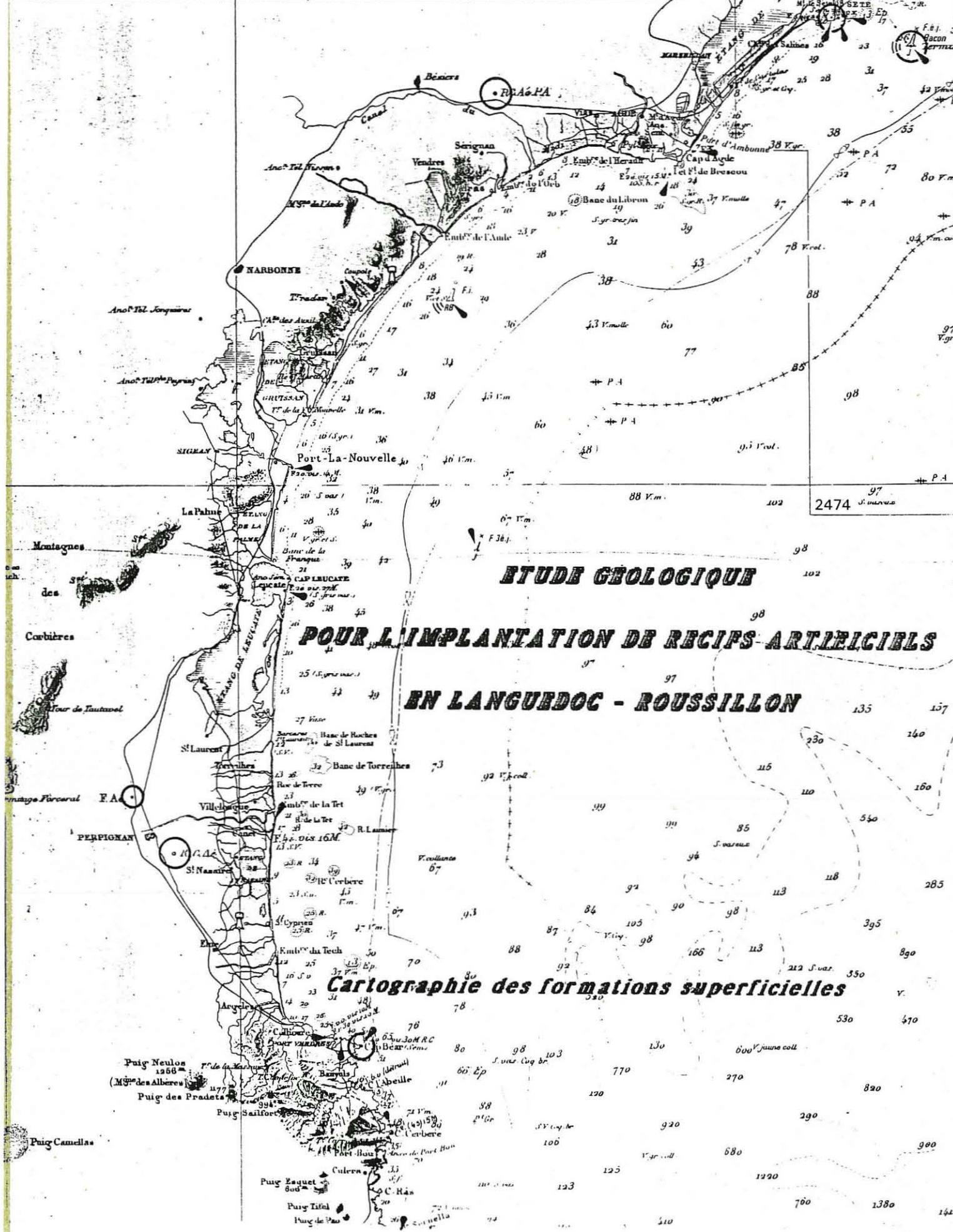


30020

Ifremer - Brest  
 Fonds docu...  
 Balar...  
 Ep...  
 F. 31. 34 V.  
 Bacou  
 Terminal



**ETUDE GEOLOGIQUE**

**POUR L'IMPLANTATION DE RECIFS ARTIFICIELS**  
**EN LANGUEDOC - ROUSSILLON**

**Cartographie des formations superficielles**

2474

135 137  
 140  
 160  
 230  
 285  
 395  
 530  
 570  
 600 V. jeune coll.  
 770  
 790  
 890  
 920  
 980  
 103  
 106  
 125  
 133  
 1380  
 1400

I.F.R.E.M.E.R.  
Centre de Brest  
D.E.R.O./G.M.

UNIVERSITE DE PERPIGNAN  
Laboratoire de Sédimentologie  
et Géochimie Marines

ETUDE GEOLOGIQUE POUR L'IMPLANTATION  
DE RECIFS ARTIFICIELS EN LANGUEDOC-ROUSSILLON

par

C. AUGRIS  
Y. MEAR

Juin 1985

# S O M M A I R E

pages

I - RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES.....	1
I.1. - Cadre géologique.....	1
I.2. - Nature des substrats.....	3
A/ Les substrats durs.....	3
B/ Les substrats meubles.....	3
I.3. - Dynamique sédimentaire.....	5
A/ Mobilité des sables.....	5
B/ Comportement des vases.....	6
II - METHODES.....	8
II.1. - Technique du sonar latéral.....	8
II.2. - Prélèvements et techniques d'étude des sédiments.....	14
A/ La granulométrie.....	14
B/ L'observation à la loupe binoculaire.....	17
C/ Teneurs en carbonates.....	18
D/ Traitement des données.....	18
III - RECONNAISSANCE DES SITES.....	19
III.1. - Identification et caractérisation des sédiments.....	19
III.2. - Apport du sonar latéral.....	19
III.3. - Etude du site de Saint-Cyprien.....	35
III.4. - Etude du site de Canet.....	37
IV - PROPOSITION DE SUIVI DES ZONES AMENAGEES PAR RECIFS ARTIFICIELS.....	41
V - PROSPECTIVES.....	42
V.1. - Reconnaissance générale par méthodes géophysiques.....	42
V.2. - Cartographie sédimentaire.....	42
V.3. - Mesures hydrologiques.....	43
V.4. - Etude de la pollution.....	43
BIBLIOGRAPHIE CITEE DANS LE TEXTE.....	45

## AVANT PROPOS

*Un programme pilote d'aménagement des fonds marins littoraux par récifs artificiels est mené sur le plateau continental du Languedoc-Roussillon.*

*A la demande de l'I.F.R.E.M.E.R., une cartographie des formations superficielles par sonar latéral et une identification des sédiments par prélèvements à la benne ont été réalisés au cours de deux missions à la mer.*

*Après avoir exposé les techniques d'exploration, nous présenterons les grands traits sédimentaires des zones d'immersion situés au large de St. Cyprien et de Canet. Pour chacune d'elles, nous situons l'emplacement des concessions et, à partir de deux documents cartographiques, nous en discuterons les qualités de valorisation.*

*Par la suite, des propositions sont faites pour un suivi scientifique des zones d'immersion ainsi que pour l'aménagement éventuel d'autres zones du littoral du Languedoc-Roussillon.*

*L'ensemble des résultats granulométriques figure en annexe sous la forme d'histogrammes de fréquence.*

## I - RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

### I.1. - Cadre géologique

La morphologie du plateau continental est liée à la distribution des unités géologiques qui le bordent. Ainsi le plateau atteint son développement maximum en Méditerranée ( $\approx 60$  km) au large de la plaine languedocienne. Son profil bathymétrique souligne sa faible pente (0,3 à 0,4 %) et met en évidence une légère rupture (entre 45 et 75 m de profondeur) qui sépare le domaine infralittoral du secteur circalittoral. Au large du Roussillon, où les Corbières constituent le principal relief, le plateau reste large et subhorizontal. Il ne s'amenuise fortement qu'au niveau de la terminaison orientale des Pyrénées.

La nature et l'âge des formations qui constituent la couverture sédimentaire, ont été déterminées à partir de l'analyse des profils de sismique réflexion haute résolution et l'étude des carottes de sondage (fig. 1). Ces approches complémentaires ont permis de montrer que l'état actuel des fonds de la plateforme continentale du Golfe du Lion (morphologie, nature des sédiments...) résulte en grande partie des modalités de l'évolution paléogéographique depuis les 40 derniers millénaires et notamment de la succession de phases d'érosion pendant les bas niveaux marins et de construction sédimentaire au cours des remontées du niveau marin.

*Ainsi, la disposition en bandes parallèles des faciès sédimentaires, trouve en partie son origine dans le dernier cycle régression transgression (18000 ans à l'Actuel). Toutefois, cette disposition est perturbée par l'existence de pointements rocheux d'âge plus ancien qui percent la couverture sédimentaire superficielle. De la même façon, la présence d'émissaires fluviaux introduit des modifications dans la répartition des aires d'envasement dont l'importance est fonction de divers facteurs locaux.*

Une étude d'aménagement ou de valorisation de site côtier doit donc tenir compte de ces caractères géologiques acquis et du fonctionnement actuel de ces milieux dans des conditions d'environnement connues. C'est pourquoi, après un bref état de nos connaissances sur la nature des différents

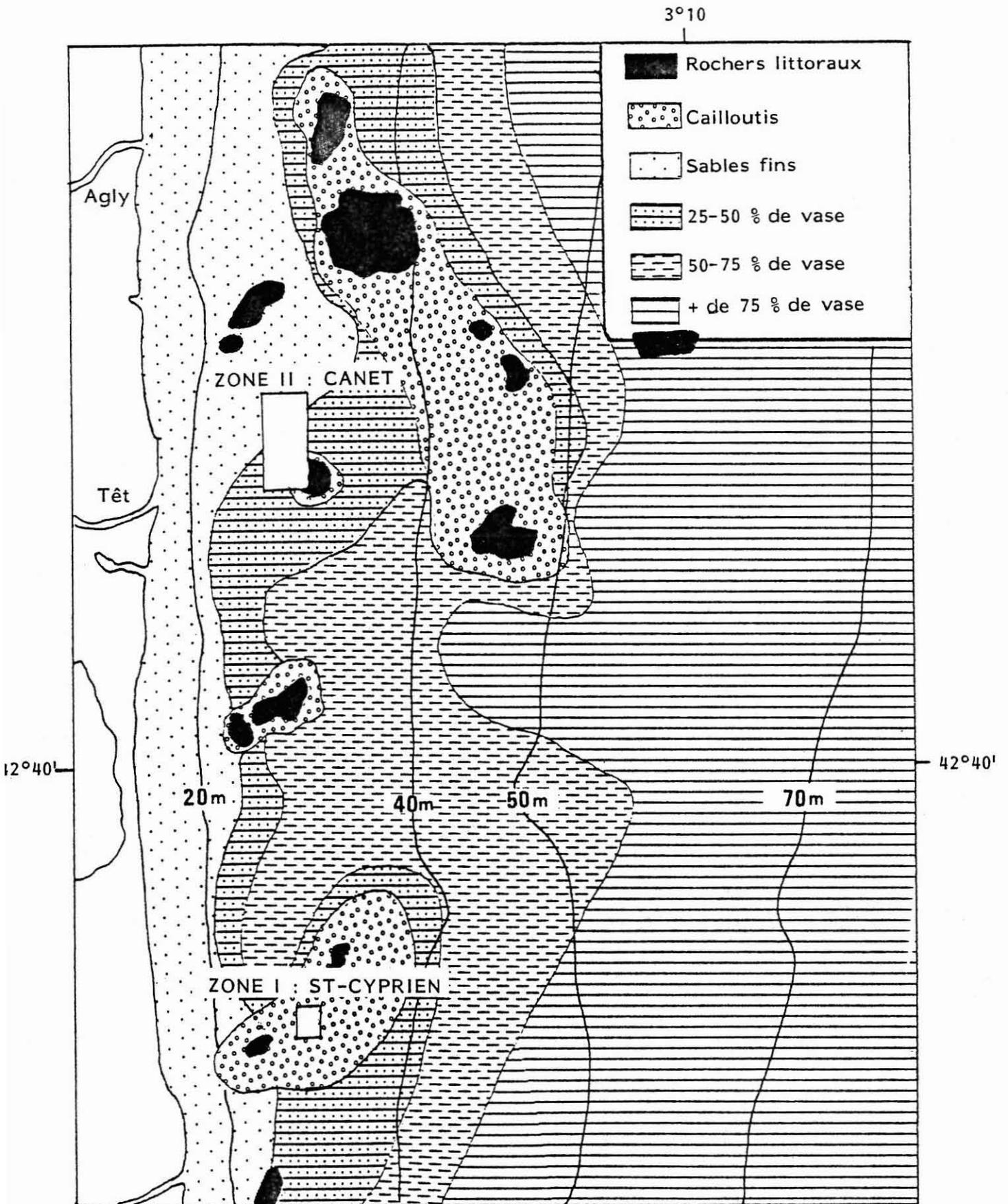


Fig. 1 : Cartographie des faciès sédimentaires (à partir des feuilles Perpignan et Argelès)  
Echelle 1/100 000 e.

substrats qui constituent le fond des zones littorales et infralittorales, nous rappellerons les principaux traits de la dynamique sédimentaire tels qu'ils résultent des études de VATAN (1949), DUPLAIX et LALOU (1951), ALOISI et CHARLET (1975), ALOISI et al. (1979), MONACO (1971).

## 1.2. - Nature des substrats

### A / Les substrats durs

De Sète à Leucate, les fonds indurés sont rares et n'occupent que des aires de faible importance entre 5 et 30 m de profondeur : roches de Frontignan, rochers du Cap d'Agde, de Vendres, banc du Libron. Ils ne provoquent pas d'accidents topographiques notables, leur dénivelé étant de l'ordre du mètre. Il s'agit de formations gréseuses ou calcaires et de basaltes plio-quaternaires en voie de recouvrement.

Par contre, en face du Roussillon, entre 20 et 50 m de profondeur, de nombreux bancs rocheux forment deux dorsales étroites (fig. 2) : roches Torreilles, de St Laurent, de la Têt, Roc Nau, Cerbère, rocher du Lannier, plateau de St Nazaire, de St Cyprien. La surface la plus vaste, roches Torreilles, ne dépasse pas 2 km<sup>2</sup>. Les formations sont de nature très variables :

- grès fins calcaires du Quaternaire moyen (roche Lannier),
- grès grossiers rubéfiés (azoïques) au large de St Cyprien et d'Argelès, d'âge indéterminé,
- grès éolisés renfermant des coquilles de *Chlamys opercularis* datées d'environ 27.000 ans B.P. (roches Lannier).

Sur les formations gréseuses les plus septentrionales (St Laurent, Torreilles, St Nazaire) se développe un concrétionnement de type corraligène formé de Bryozoaires, de Lithotamnies.

### B / Les substrats meubles

- sables, graviers, galets

L'histoire géologique récente du plateau continental du Golfe du Lion, l'évolution paléogéographique, les conditions hydrodynamiques et

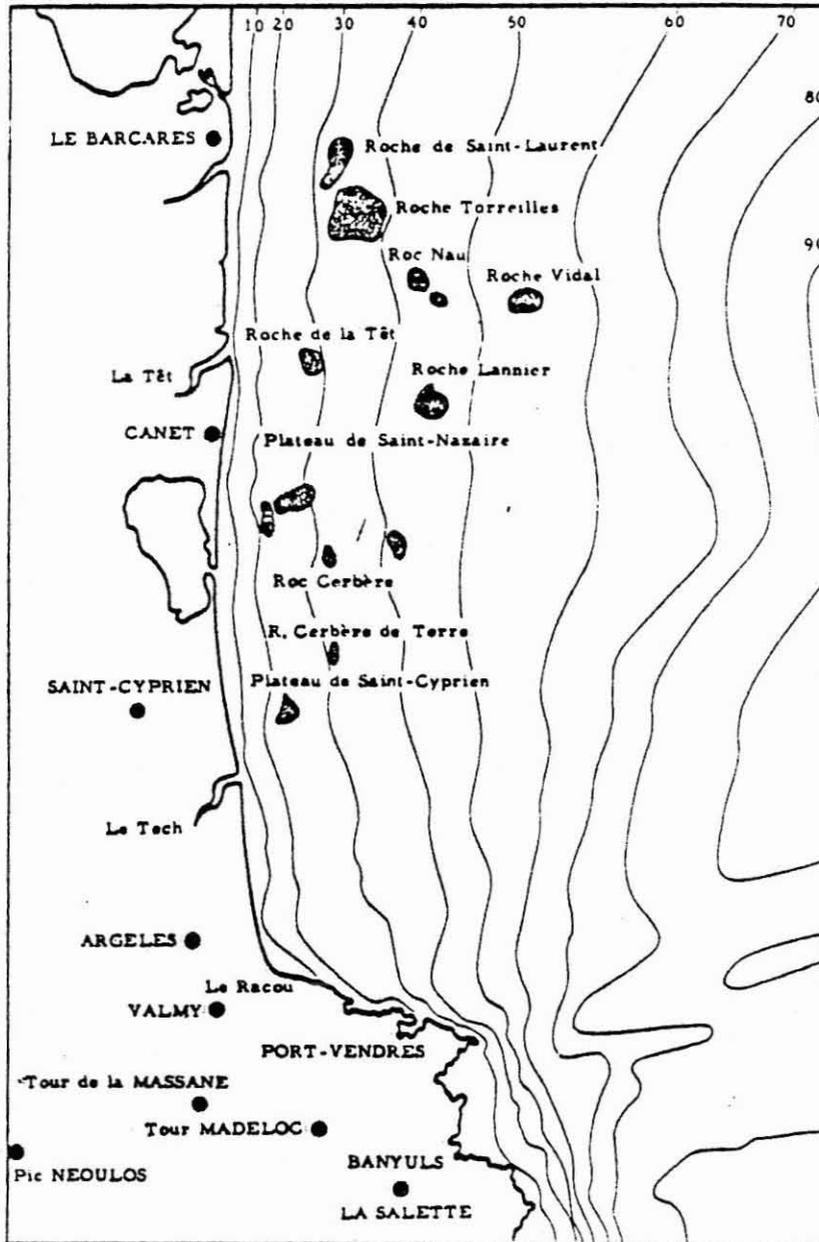


Fig. 2 - Principaux pointements rocheux circalittoraux (VIDAL, 1967).

hydrobiologiques déterminent une disposition en bandes parallèles des sables, graviers et galets.

De la côte vers le large, on distingue :

- les sables littoraux, dont l'épaisseur atteint 10 à 20 m ; ils forment le lido actuel élaboré depuis la dernière transgression marine il y a 4000 ans,
- des épandages infralittoraux plus grossiers qui gisent anormalement entre 20 et 40 m de profondeur environ. Ce sont en fait des formations fossiles, plages marines et barres deltaïques.

Dans le détail, on reconnaît des sables fins ( $Md^* < 200 \mu m$ ), moyens ( $200 < Md < 500$ ) et grossiers ( $500 < Md < 2000$ ), des graviers ( $Md > 2000$ ) et même des galets dont le diamètre peut atteindre plus de 10 cm

- Les sables moyens, à médiane comprise entre 200 et 500  $\mu m$ , forment une bande étroite "parallèle au rivage" et limitée à la ligne bathymétrique des 10 ou 20 m. Ils possèdent un très bon classement résultant des phénomènes de triage actifs.
- Les sables fins de diamètre compris entre 40 et 200  $\mu m$ , le plus souvent très micacés, font suite vers le large, aux sables moyens, selon un schéma classique. Ces faciès correspondent au littoral actuel édifié depuis la dernière transgression marine, il y a environ 4000 ans.
- Les sables grossiers et les graviers se situent préférentiellement autour des hauts fonds rocheux (5 - 30 m) formant ainsi une ligne discontinue parallèle au rivage : du Rhône à Sète et de l'Agly au Cap Béar, où ils donnent naissance à une digitation orientée vers le Sud. Ils sont absents au large de l'étang de Leucate.

*Les sables grossiers et les graviers apparaissent donc en position anormale puisqu'ils rompent le schéma d'affinement des particules vers le large. Ils sont les témoins d'anciens littoraux, édifiés entre 10000 et 8000 ans B.P., pendant la dernière remontée du niveau marin.*

\* Md = médiane granulométrique

- Les vases

Il s'agit de sédiments comportant une certaine proportion de matériaux fins ( $\emptyset < 40 \mu\text{m}$ ). Elles apparaissent (10 %) à partir de 20 m de profondeur c'est à dire à la profondeur limite de pénétration des houles les plus fréquentes. Aux profondeurs croissantes, le pourcentage de vase augmente régulièrement pour représenter, vers 40 à 50 m de profondeur, plus de 75 % des dépôts.

De plus, on assiste au droit de chaque embouchure, au développement de formations silto-vaseuses remarquables : les Prodeltas. Ceux-ci sont dus au dépôt des alluvions fluviatiles en contrebas du cordon littoral. La remontée de ces dépôts fins vers les embouchures indiquent un piégeage précoce du matériel fin d'origine fluviatile. Cet élément à la fois d'origine hydrodynamique et physico-chimique (floculation) est important à reconnaître car il conditionne dans de nombreux cas la faisabilité de certains travaux d'aménagement ou de valorisation.

*Comme pour les sédiments grossiers on constate donc pour les vases une distribution spatiale anormale. Ceci est dû à la formation des prodeltas (unités silto-vaseuses importantes) au débouché de chaque embouchure.*

### 1.3. - Dynamique sédimentaire

#### A/ Mobilité des sables

La plupart des travaux ont porté sur la frange littorale (0 à 10 m). Le sens du transit des sables a d'abord été déterminé grâce aux études pétrographiques (VATAN, 1949 ; DUPLAIX et LALOU, 1951) puis à partir des propriétés de thermoluminescence des quartz (ALOISI et CHARLET, 1975).

A l'échelle du Golfe du Lion, deux sens de transit ont été déterminés : E  $\rightarrow$  W de l'embouchure du Rhône au Cap d'Agde et S  $\rightarrow$  N le long de la côte du Roussillon. Ils convergent au niveau de Port la Nouvelle où le transit s'effectue perpendiculairement à la côte.

L'utilisation de la thermoluminescence des quartz fournit des données précises sur les aires d'influence des fleuves et rivières côtières. Ainsi l'influence rhodanienne se manifeste jusqu'à l'embouchure de l'Hérault, tandis que l'influence pyrénéenne s'observe de la côte rocheuses des Albères

à l'embouchure de l'Aude. Entre ces deux zones, il existe une province mixte ou les apports rhodaniens sont associés à des apports de la partie méridionale du Massif Central.

A une plus petite échelle, la grande mobilité de ce matériel sableux a été démontrée au moyen d'expériences par traceurs radioactifs menées sur le littoral du Roussillon entre 0 et 5 m de profondeur (MONACO, 1971) et donc sur des matériaux ayant une médiane comprise entre 200 et 500  $\mu\text{m}$ .

- par vent de N-W, le déplacement se fait vers le S-SE et atteint 1 tonne par jour et par mètre linéaire,
- par vent de S-E, un déplacement d'environ 1,5 tonnes par jour et par mètre linéaire s'opère vers le Nord.

Cependant, au delà de la profondeur de 10 m, limite inférieure approximative des cordons littoraux les plus externes, l'atténuation de ces transits est très rapide et correspond à la décroissance classique de la taille moyenne des grains vers le large.

*La profondeur de gisement, de 20 à 50 m, des sables moyens et grossiers infralittoraux, disposés en auréole autour des affleurements rocheux, les met à l'abri d'une mobilité dans les conditions climatiques et hydrologiques les plus fréquents (ALOISI et al., 1979 ; MILLOT et LAMY, 1972 ; MILLOT et al., 1979). D'ailleurs ces formations tendent à être progressivement envasées. Il n'en va pas de même pour les sables littoraux qui comme nous l'avons montré subissent dans la zone d'étude un transit alternatif vers le Nord et le Sud sous l'effet des deux régimes météorologiques, respectivement la Tramontane et le vent marin.*

#### B/ Comportement des vases

Le comportement des matériaux fins a été appréhendé par l'étude des suspensions et de la distribution spatiale des argiles et des produits naturels ou artificiels dans les dépôts fins.

La confrontation des résultats obtenus a permis de proposer un modèle hydrodynamique (ALOISI et al., 1979). Celui-ci fait apparaître une stratification des particules en suspension à plusieurs niveaux de la tranche d'eau. De plus ce modèle met en évidence le rôle primordial joué par la couche

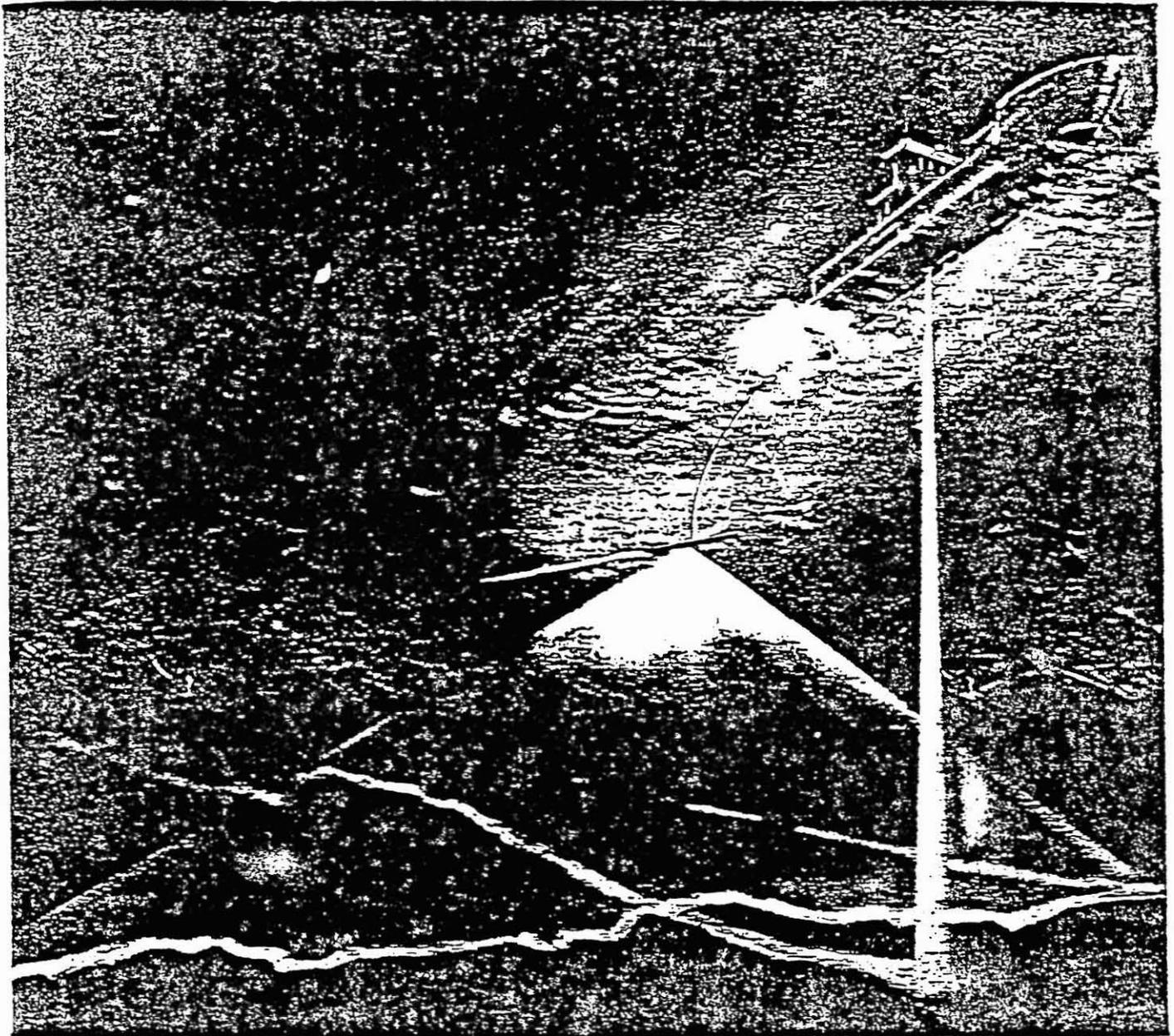


Fig.3

SONAR A BALAYAGE LATERAL EG-G, SMS 960

turbide de fond (néphéloïde benthique) dans la distribution du matériel terrigène fin sur le plateau et notamment la constitution des vasières prodeltaïques.

Ces processus sont fondamentaux dans la fixation et le piégeage des produits polluants organiques et métalliques.

*Du point de vue dynamique, ce modèle met donc en évidence le double comportement des particules fines :*

- un piégeage précoce à la sortie des rivières et des graus,
- un transfert vers les domaines plus profonds (circalittoral) où elles se déposent dans des zones à l'abri de l'action de la houle.

## II - METHODES

### II.1. - Technique du sonar latéral.

Le sonar à balayage latéral (fig. 3) donne la représentation de la morphologie et de la nature des fonds marins.

Le modèle utilisé est le système EG-G, SMS 960, composé de :

- un "poisson" remorqué, servant à la fois d'émetteur et de récepteur des signaux ; il est constitué d'un corps fuselé contenant deux transducteurs et les montages électronique associés ;
- un câble électro-porteur assurant les liaisons électriques et mécaniques entre le poisson et l'enregistreur ;
- un enregistreur graphique utilisant du papier électro-sensible sur lequel est imprimé la carte des fonds ;
- un enregistreur numérique permettant l'acquisition sur bandes magnétiques des données qui peuvent alors être traitées ultérieurement.

Les cartes produites trouvent leurs applications dans un bon nombre de secteurs :

- la cartographie géologique des fonds marins (fig. 4) ;

Position du profil bathymétrique de la fig. 4b

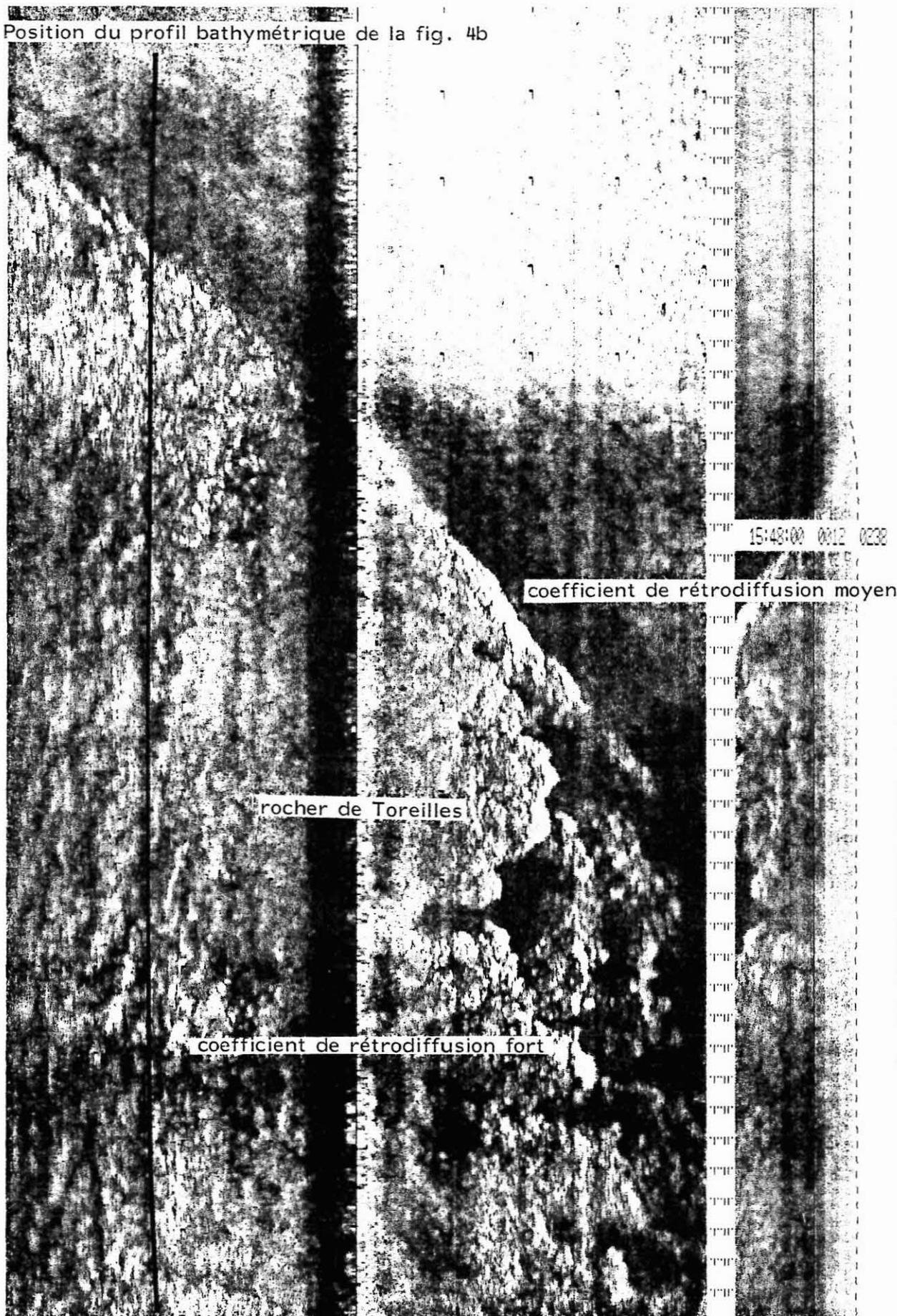


Fig. 4a - Cartographie au sonar latéral de la limite du rocher de Toreilles.

Extrémité sud du  
banc de Toreilles

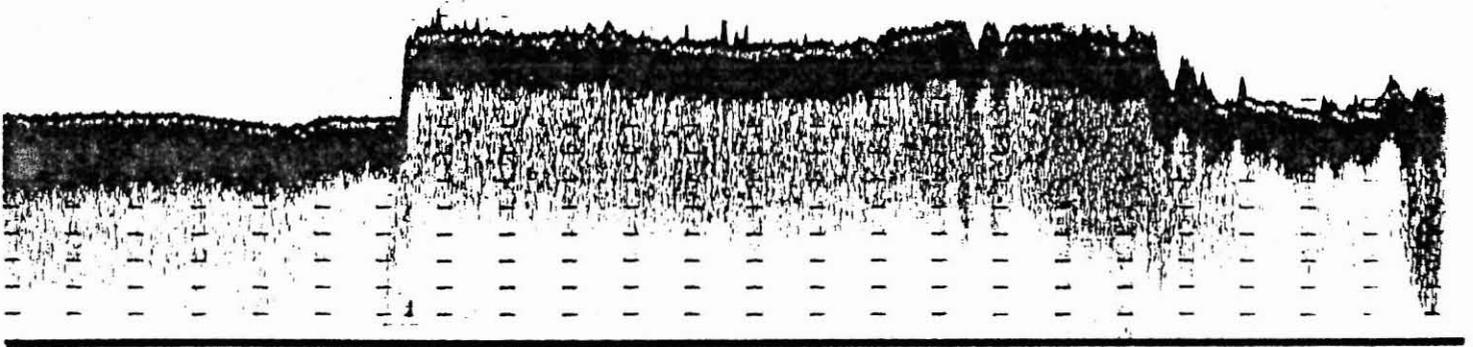


Fig. 4 b - Coupe bathymétrique (12 kHz) à travers le rocher  
de Toreilles.  
Portion du profil sur la figure 4 a.

- la reconnaissance de sites ;
- le contrôle d'ouvrages en mer ;
- la recherche d'épaves (fig. 5) ;
- l'observation de marques sur le fond (fig. 6).

La finesse et la précision de l'enregistrement dépendent de l'ouverture du faisceau ultra-sonore, de la fréquence et de la durée de l'impulsion. La forme du transducteur est choisie, de manière à émettre un faisceau en éventail d'ouverture faible ( $1,2^\circ$ ), dans le plan horizontal, et plus large ( $50^\circ$ ), dans le plan vertical. Ce faisceau se décompose en un lobe principal et plusieurs lobes secondaires (fig. 3) ; l'ensemble permet un enregistrement continu en surface.

Durant la mission "Récifs", la largeur de balayage de l'émission acoustique était de 100 m de chaque côté du poisson, c'est à dire qu'à chaque passage une bande de terrain de 200 m était couverte.

Les particularités du fond mises en évidence sont soit de nature morphologiques (variation de l'angle d'incidence), soit en relation avec les caractéristiques du sol (variation du coefficient de rétrodiffusion ou de réverbération). Le mode de formation des échos est lié à ces deux types de variation. Toute ondulation du fond entraîne une variation de l'angle d'incidence des rayons acoustiques, donc de la quantité d'énergie rétrodiffusée, de même qu'un changement de la nature du fond modifie l'intensité du signal. Le coefficient de rétrodiffusion varie considérablement, lors des changements de faciès sédimentologiques (vases, sables, cailloutis).

Différents facteurs sont de nature à déformer les images obtenues par sonar latéral ; parmi ceux-ci :

- l'obliquité des rayons ;
- la pente du fond ;
- l'anisotropie du milieu de propagation des rayons ;
- les conditions de navigation :
  - . les mouvements de lacet, de roulis ou de tangage du navire induisant les mêmes mouvements au poisson ;
  - . la dérive du navire.

De plus, le poisson doit être suffisamment immergé pour éviter les réflexions qui se produisent sur l'interface air-eau ; cette condition entraîne en pratique une quasi-impossibilité d'enregistrer par une profondeur inférieure à 10 m.

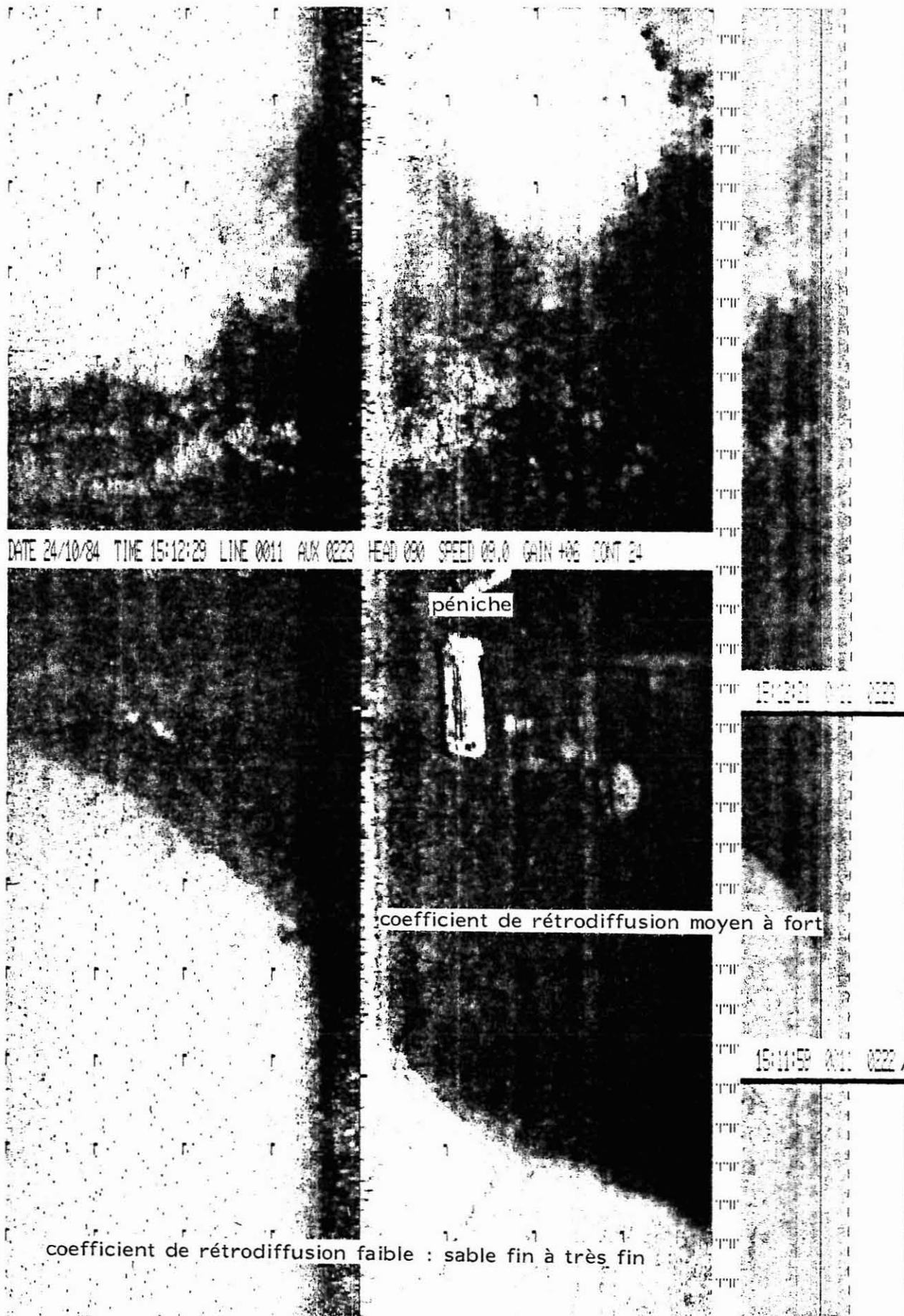


Fig. 5 - Application du sonar latéral à la recherche d'épaves (péniche).

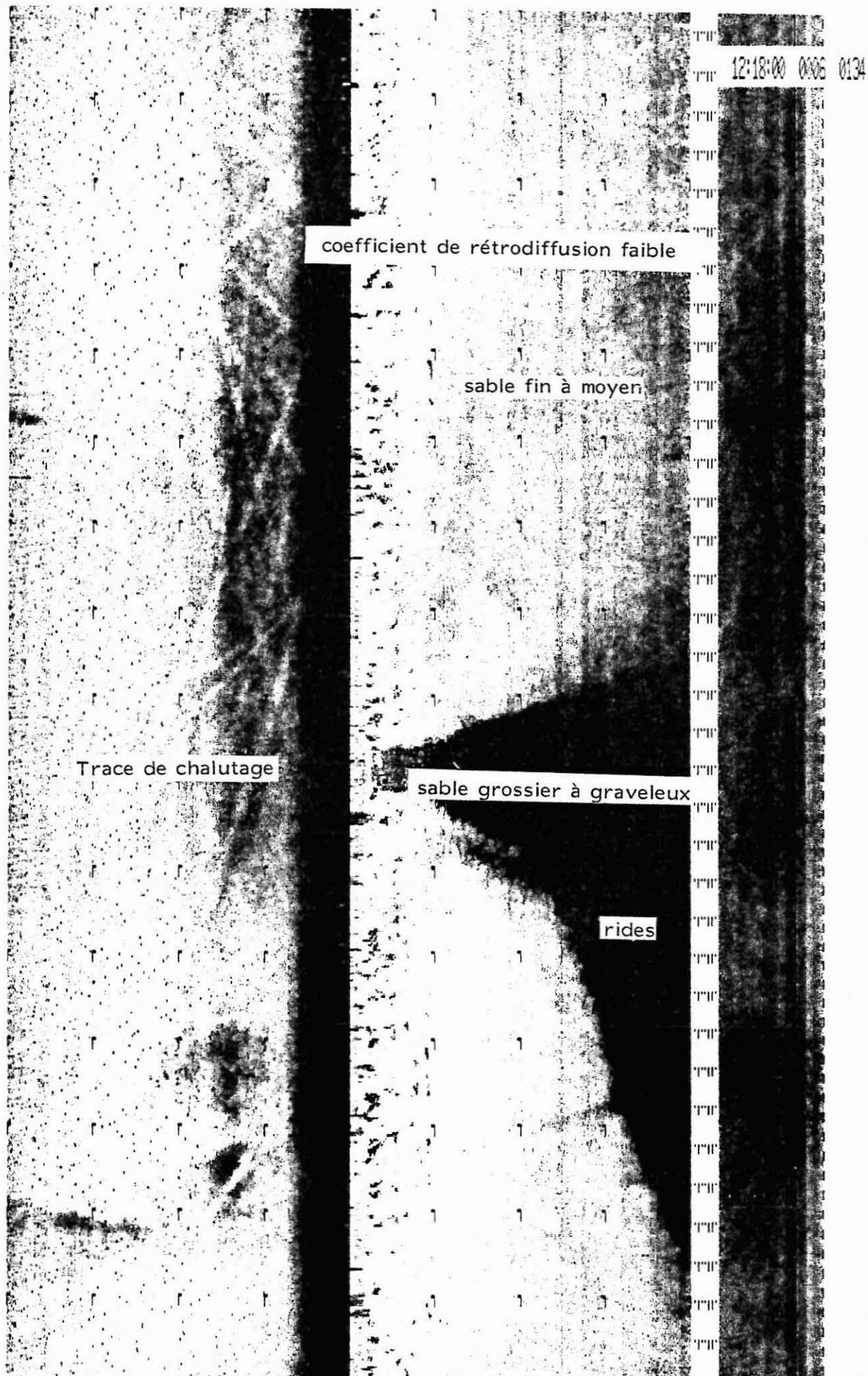


Fig. 6 - Mise en évidence de traces de chalutâge aux environs du rocher de St Cyprien.

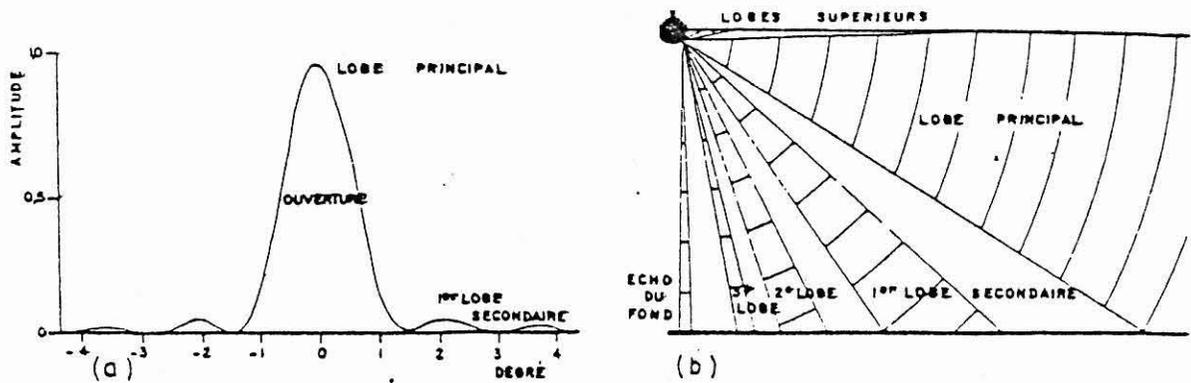
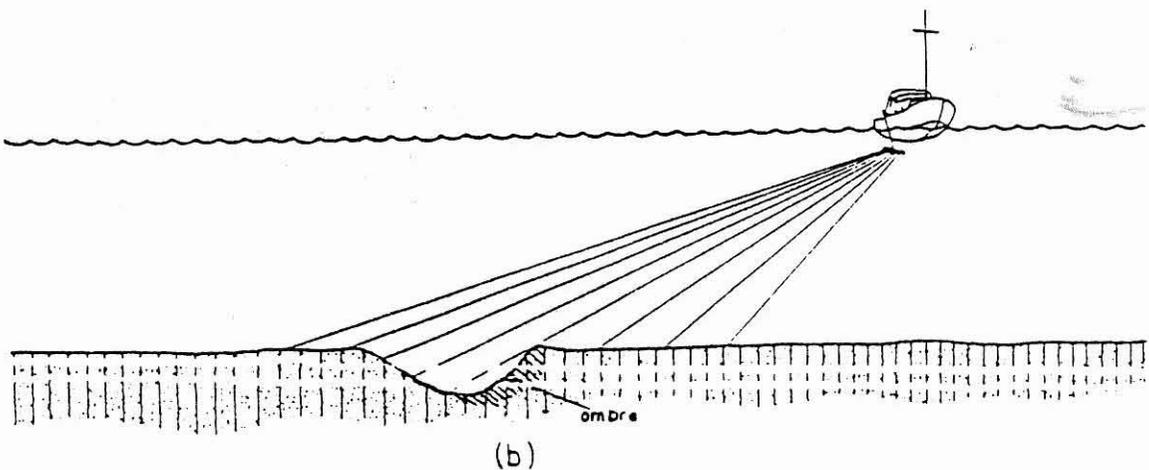
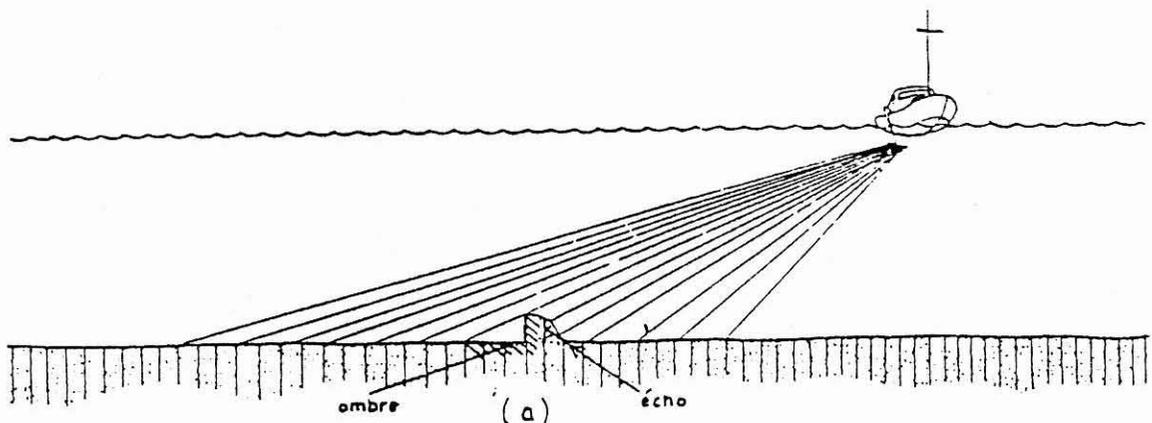


Fig. 3 - Représentation schématique du lobe principal et des lobes secondaires :  
 a. Dans le plan horizontal  
 b. Dans le plan vertical



Schémas illustrant le mode de formation des échos et des ombres :  
 a. Dans le cas d'un relief  
 b. Dans le cas d'une dépression

Le sonar latéral EG-G, SMS 960 donne une utilisation immédiate des enregistrements, grâce à une image non déformée :

- correction automatique de la déformation latérale ;
- asservissement du déroulement du papier à la vitesse fond du bateau, fournie par un système de positionnement radio-électrique (par exemple SYLEDIS).

Si le sonar latéral donne une bonne idée de la nature des fonds marins, il est tout de même indispensable de confirmer les hypothèses par quelques prélèvements à la benne judicieusement placés. Ce complément sédimentologique permet d'habiller définitivement la carte "sonar".

Enfin, la réalisation d'une couverture complète par sonar latéral n'est intéressante que si l'on y adjoint un système précis de positionnement, car en réalisant des profils parallèles et distants de 2 fois la largeur de balayage choisie, on effectue ainsi une "mosaïque" donnant la carte complète d'un site.

## 11.2. - Prélèvements et techniques d'étude des sédiments

Les prélèvements nécessaires à la cartographie sédimentaire ont été effectués à bord de l'ICHTYS grâce à l'emploi d'une benne à sable. Ils se répartissent comme suit :

- 25 pour la zone de CANET (fig. 7)
- 67 pour la zone de St CYPRIEN (fig. 8)

Le positionnement au moment des prélèvements a été effectué au TORAN.

Préalablement à toute analyse, les échantillons ont été lyophilisés. Après pesée, la fraction supérieure à 40 microns, dite sableuse a été séparée par tamisage sous l'eau. Cette fraction, qui constitue l'essentiel des prélèvements a fait l'objet d'analyses détaillées.

### A/ La granulométrie

L'établissement d'une courbe cumulative semi-logarithmique a permis de calculer, par la méthode graphique, les différents indices caractéristiques d'un sédiment :

- la médiane, représentée par le deuxième quartile :  $Q_2$

ZONE II : CANET

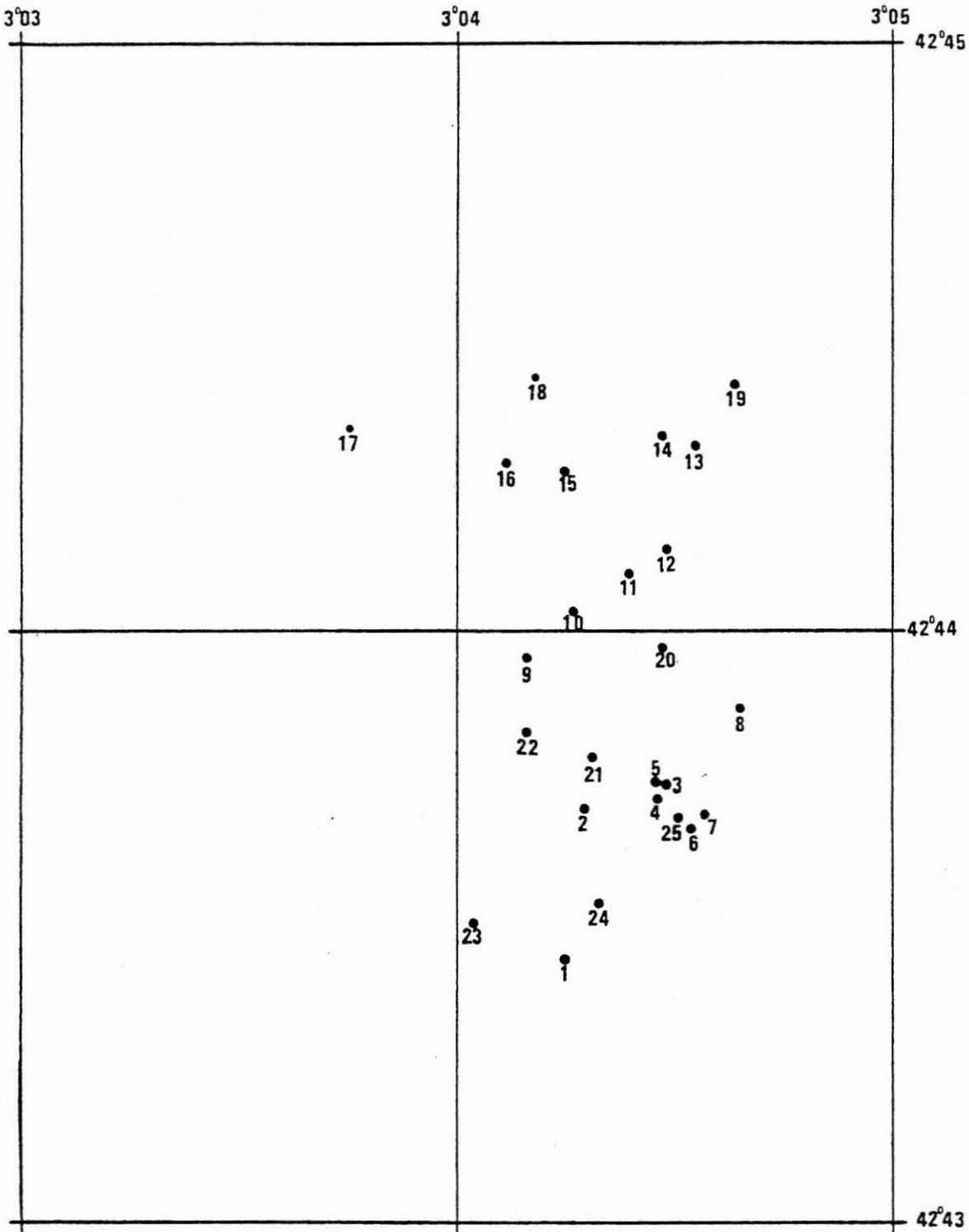


Fig. 7 : Plan de position des prélèvements effectués par benne  
Echelle 1/20 000 e.

ZONE I : ST CYPRIEN

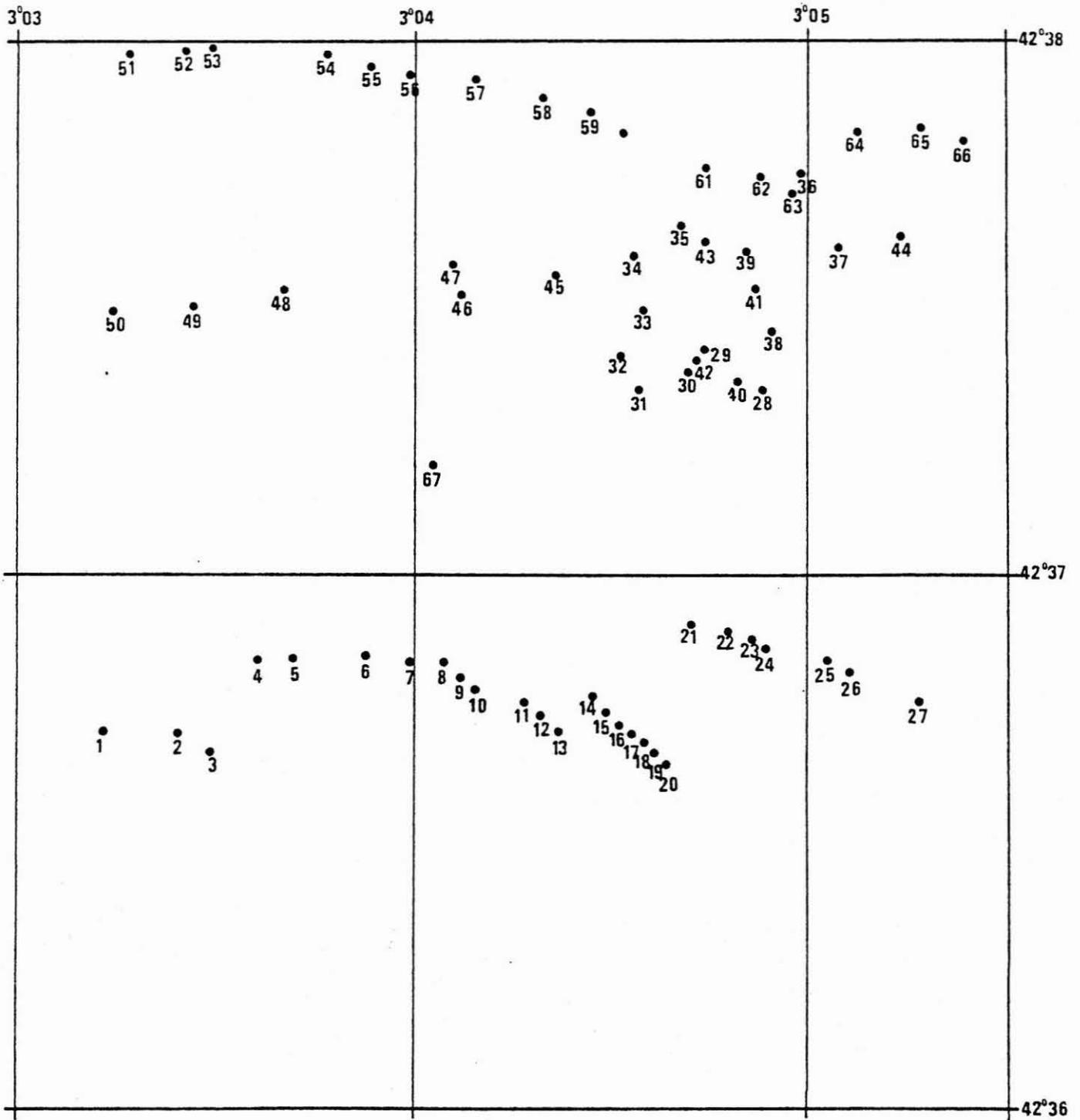


Fig. 8 : Plan de position des prélèvements effectués par benne  
Echelle 1/20 000 e.

- le premier quartile :  $Q_1$
- le troisième quartile :  $Q_3$
- l'indice de classement  $So = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$
- le coefficient d'asymétrie  $As = \frac{Q_1 \times Q_3}{(Q_2)^2}$

Pour le classement, les variations suivantes ont été retenues (FOLK, 1966) :

- $So < 2$  : Sédiment très bien classé
- $2 < So < 2,6$  : Sédiment bien à moyennement classé
- $So > 2,6$  : Sédiment mal à très mal classé.

Pour le coefficient d'asymétrie ou skewness qui exprime la symétrie par rapport à la médiane, les valeurs adoptées sont les suivantes :

- $As < 0,7$  : Courbe dissymétrique avec décalage et classement maximum vers les particules grossières,
- $0,7 < As < 1$  : courbe à tendance symétrique,
- $As > 1$  : courbe dissymétrique avec décalage et classement maximum vers les particules fines.

La construction d'histogramme permet d'apprécier la fréquence des classes granulométriques et de comparer leurs variations entre le sédiment brut et ses parties carbonatées et terrigènes. L'histogramme fait apparaître des classes granulométriques qui peuvent être spécifiques d'un faciès.

#### B/ L'observation à la loupe binoculaire

Afin de mieux caractériser la fraction sableuse de chaque sédiment, une cinquantaine de grains ont été comptés dans chacune des différentes fractions granulométriques suivantes : 40 - 100  $\mu\text{m}$ , 100 - 250  $\mu\text{m}$ , 250 - 500  $\mu\text{m}$ , 500 - 1000  $\mu\text{m}$ , 1000 - 2000  $\mu\text{m}$ , 2000 - 5000  $\mu\text{m}$  et > 5000  $\mu\text{m}$ .

On a distingué :

- la phase biogène où sont différenciées les coquilles entières

et en débris,

- les minéraux en grains, généralement arrondis, essentiellement quartz, feldspath et calcite,
- les minéraux phylliteux de forme plate (micas),
- les morceaux de roches,
- les débris végétaux.

#### C/ Teneurs en carbonates

Pour chaque échantillon analysé, une centaine de grammes a été attaquée à l'acide chlorydrique. Après attaque, le résidu est pesé, le taux de carbonate représente alors la différence entre les deux poids.

#### D/ Traitement des données

L'ensemble des données obtenues a fait l'objet d'un traitement statistique. Ce traitement qui combine l'analyse en composantes principales (A.C.P.) et l'étude matricielle des corrélations intercaractères a été mis au point par le laboratoire de Sédimentologie et Géochimie Marines de Perpignan. Il est fondé sur le principe de l'analyse d'un double nuage de points (caractères et individus) projeté sur un plan factoriel avec recherche des axes d'inertie de celui-ci. L'étude matricielle permet de supprimer les fausses proximités provoquées par les effets de la projection d'un espace pluridimensionnel sur un plan.

### III - RECONNAISSANCE DES SITES

#### III.1. - Identification et caractérisation des sédiments

Le traitement statistique des données obtenues nous a permis de classer les échantillons en 6 catégories. Celles-ci sont définies en fonction des classes granulométriques dominantes, des différents indices et de la nature de leurs composants.

Les figures 9 à 14 représentent la synthèse des résultats obtenus et ceci pour chacune des catégories définies.

D'autre part, l'ensemble des données granulométriques a été reporté en Annexe sous la forme d'histogrammes de fréquence.

#### III.2. - Apport du sonar latéral

La reconnaissance par sonar latéral a permis de mettre en évidence trois ensembles de sédiments déduits des divers coefficients de rétrodiffusion observés.

Le tableau ci-après donne la correspondance avec les catégories précédemment définies par l'analyse sédimentologique.

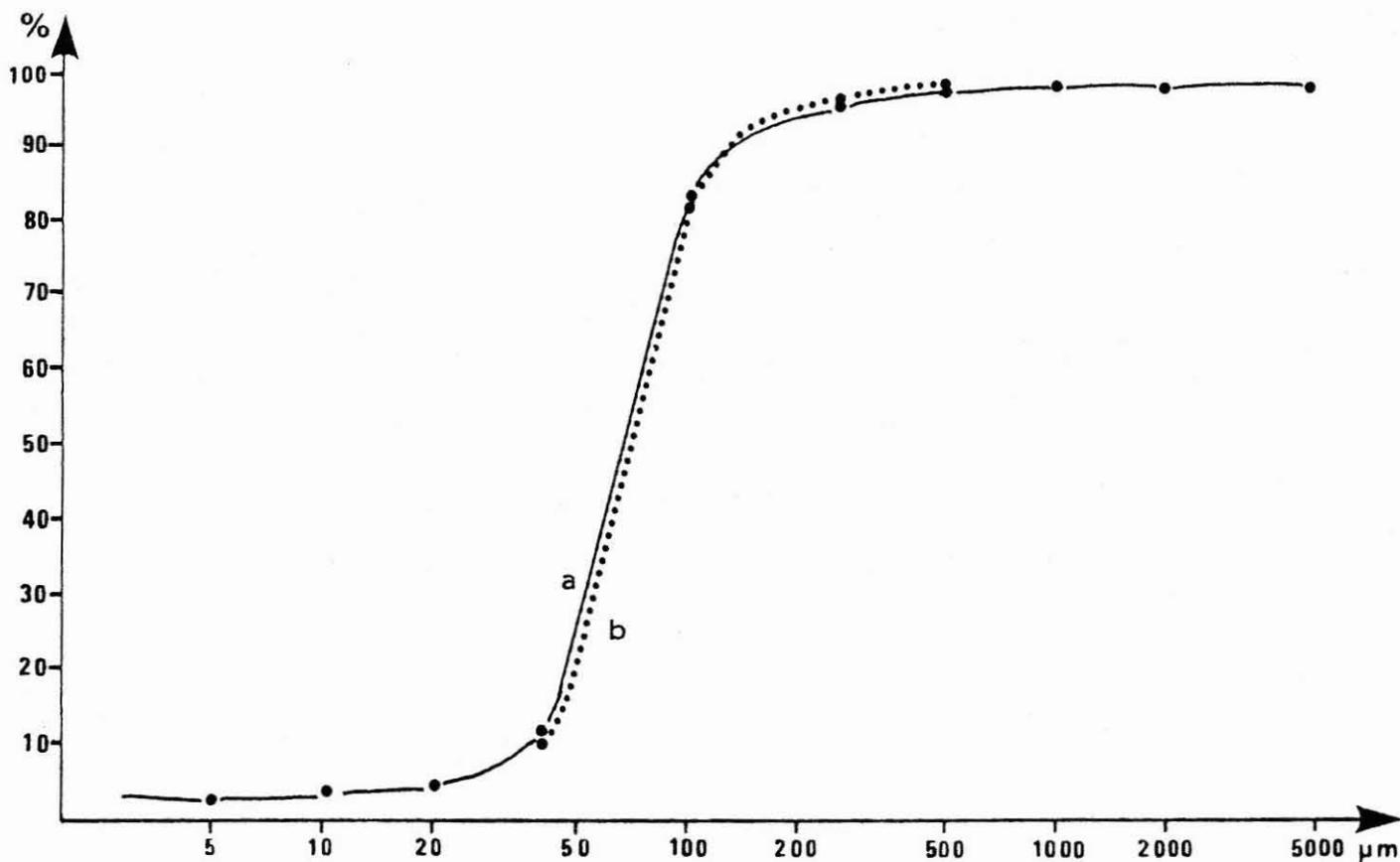
Coefficient de rétrodiffusion	Nuance	Catégorie	Nature	Référence
Faible	gris clair	1 - 2	sable fin	Fig. n° 6
Moyen	gris foncé	3 - 4	sable moyen	Fig. n° 5
Fort	gris noir	5 - 6	sable grossier à graveleux	Fig. n° 4 a

## CATEGORIE I

Sable très fin ( $Md = 65 \mu m$ ) très bien classé ne présentant qu'un seul mode granulométrique.

La proportion de carbonate est de l'ordre de 10 à 15 % et est représentée sous la forme de débris de petits bivalves frais dans la classe granulométrique comprise entre 0,5 cm et 1 cm.

L'essentiel du sable est composé de grains de quartz (50 à 75 %) de micas (10 à 15 %) et de débris ligneux.



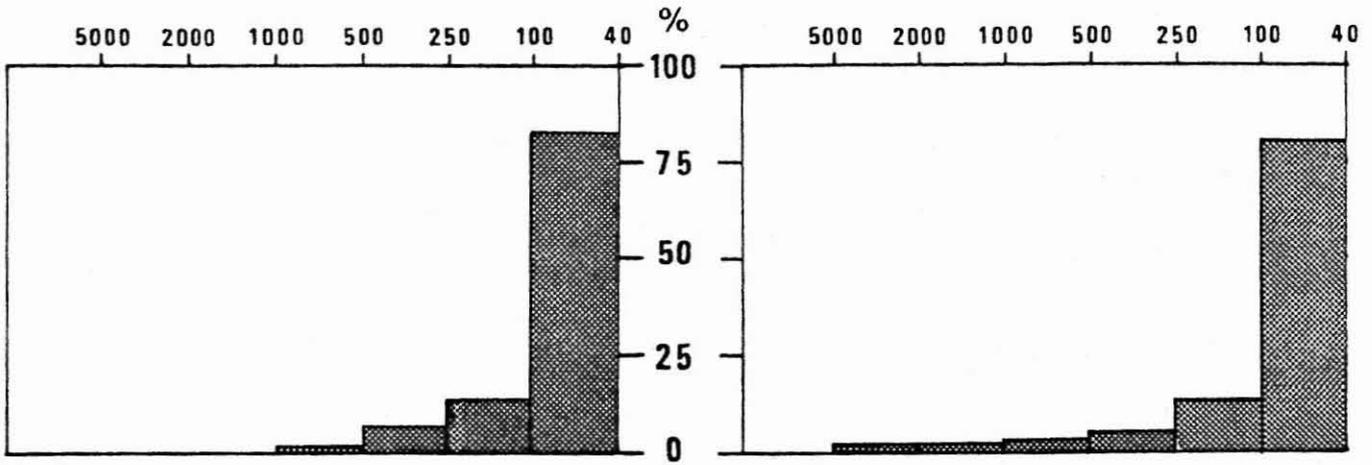
Courbes granulométriques

a - sédiment brut

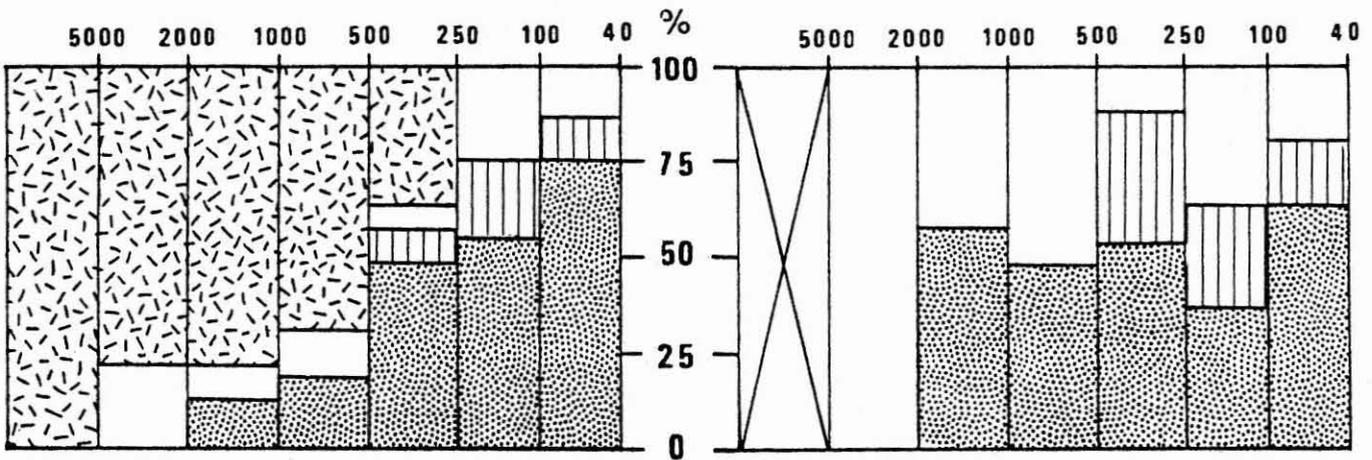
b - sédiment décarbonaté

Sédiment brut

Sédiment décarbonaté



Histogramme de fréquence



Composition de la fraction sableuse

Md = 65 µm  
 Q 75 = 90 µm  
 Q 25 = 50 µm  
 As = 0,97  
 So = 1,34

Md = 70 µm  
 Q 75 = 95 µm  
 Q 25 = 53 µm  
 As = 1,03  
 So = 1,34

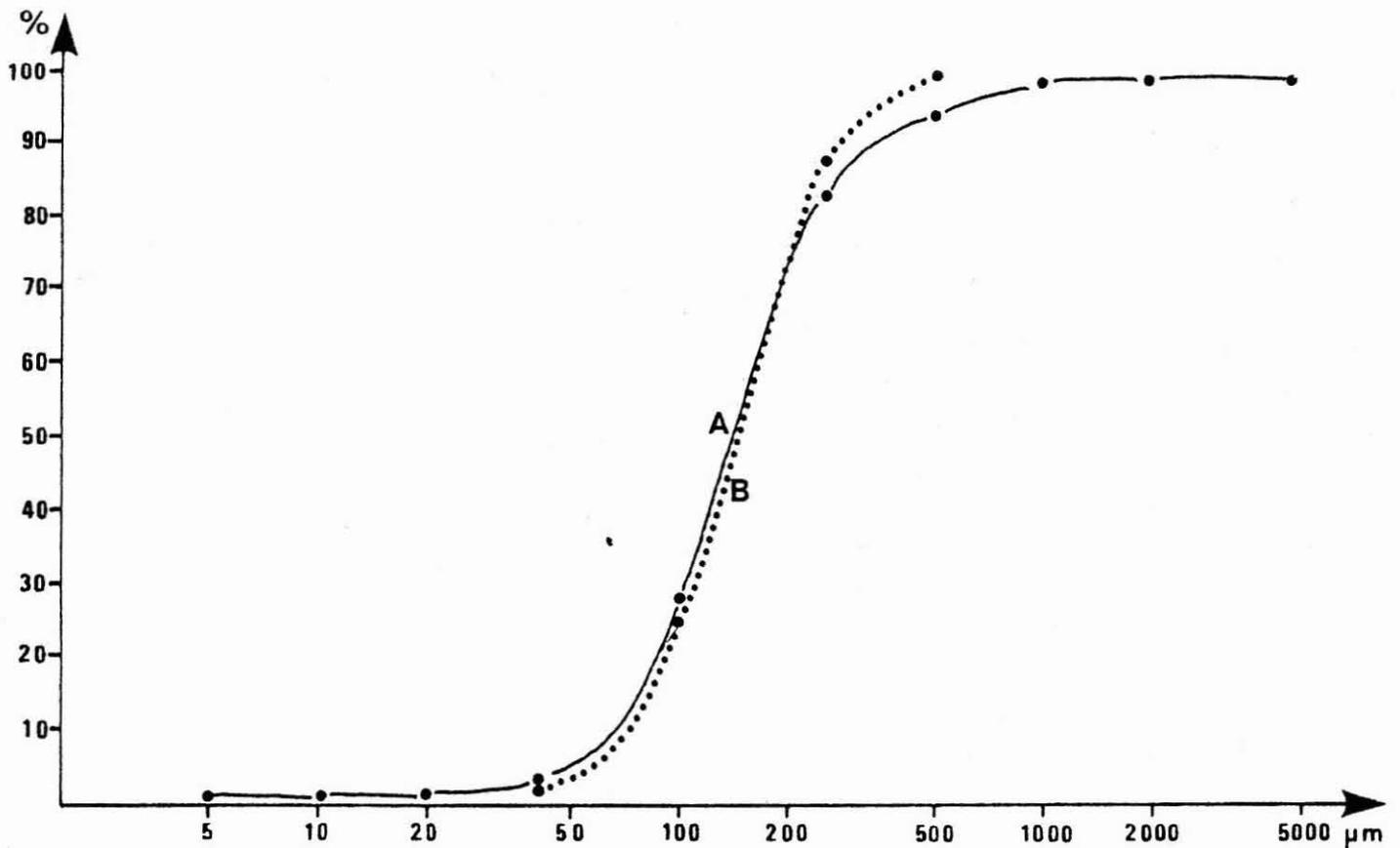
Teneurs en carbonates 10 - 15 %

## CATEGORIE II

Sable fin ( $Md = 1,35 \mu m$ ) bien classé ( $So = 1,41$ ) ne présentant qu'un seul mode autour de 100-250 microns.

La teneur en carbonate, faible ( $< 10 \%$ ) est due à la présence de débris coquilliers et de coquilles entières de bivalves dont le diamètre est compris entre 0,5 et 1,5 cm.

Il s'agit d'un sable essentiellement siliceux (proportion de quartz supérieure à 60 %).

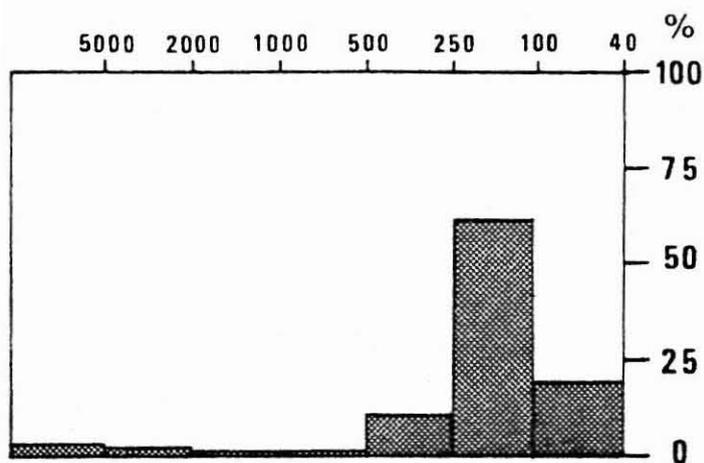


Courbes granulométriques

a - sédiment brut

b - sédiment décarbonaté

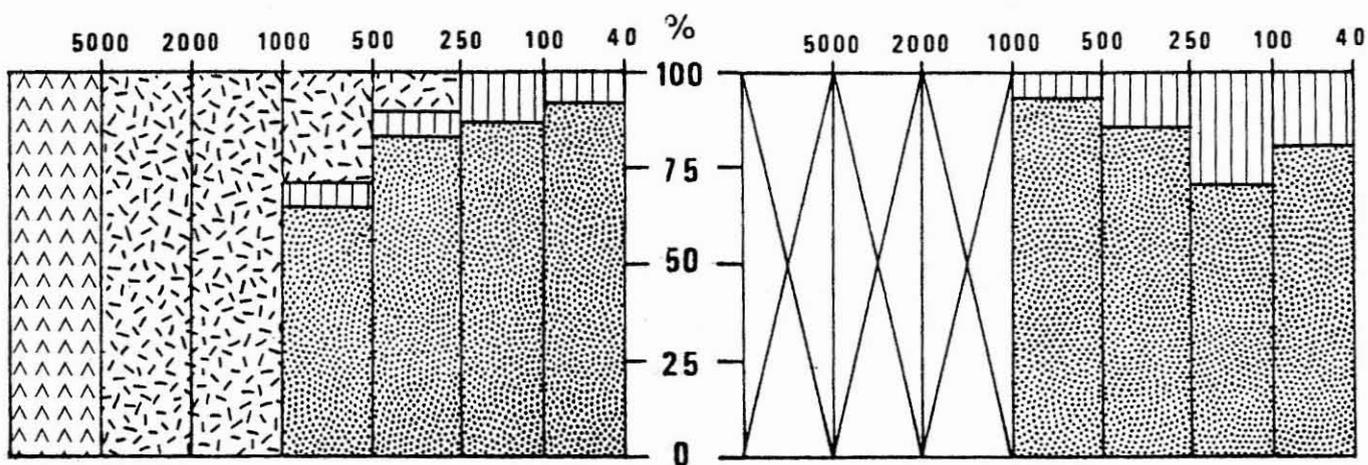
Sédiment brut



Sédiment décarbonaté



Histogramme de fréquence



Composition de la fraction sableuse

Md = 135 μm  
 Q 75 = 200 μm  
 Q 25 = 95 μm  
 As = 0,97  
 So = 1,41

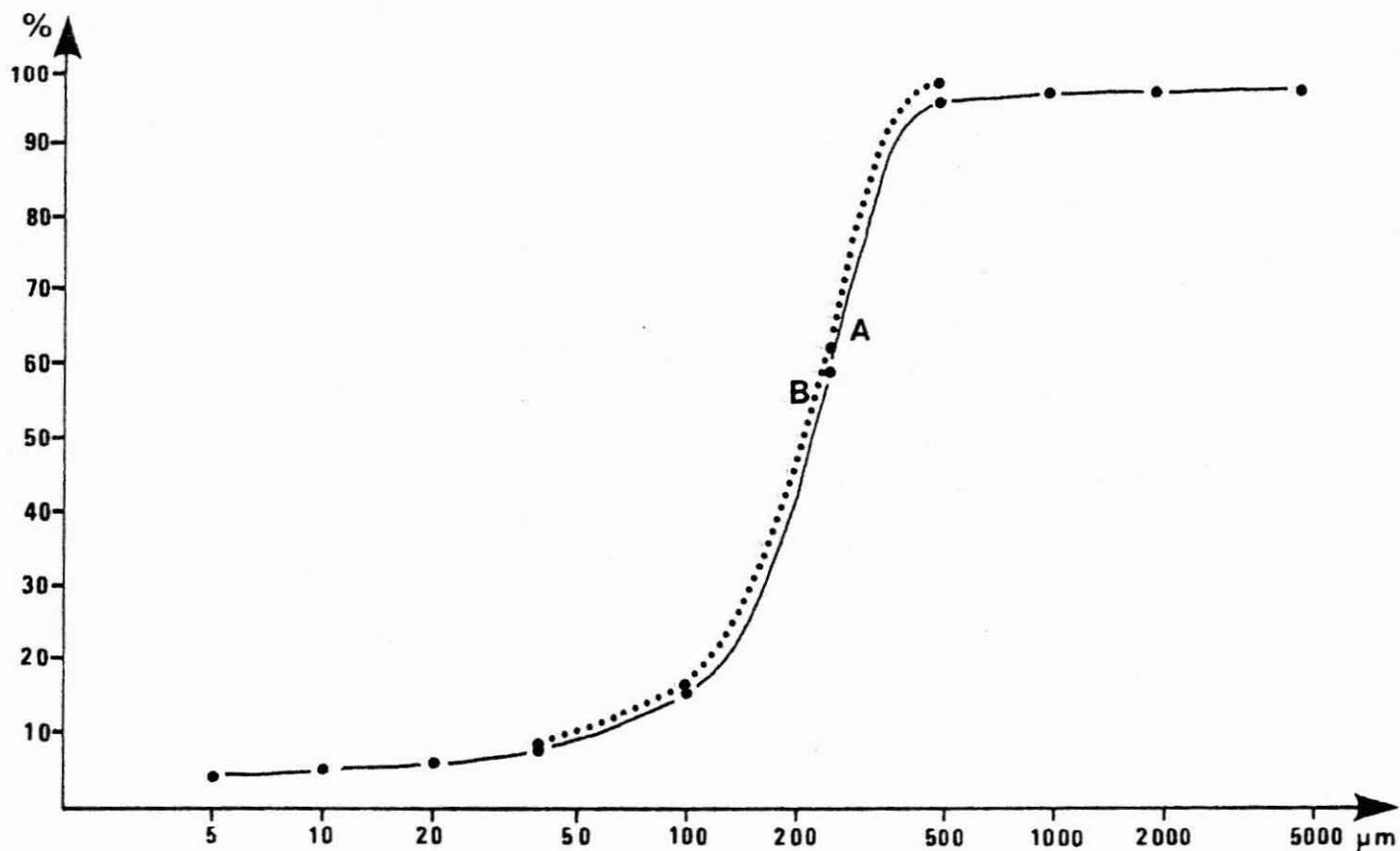
Md = 145 μm  
 Q 75 = 200 μm  
 Q 25 = 100 μm  
 As = 0,95  
 So = 1,41

Teneurs en carbonates 8 - 10 %

## CATEGORIE III

Sable fin à moyen ( $220 < Md < 330$ ) caractérisé par la présence systématique de deux populations granulométriques ( $100 - 250 \mu\text{m}$  et  $250 - 500 \mu\text{m}$ ) d'importance à peu près égale. En conséquence le degré de classement est peu élevé. L'autre caractère distinctif est la couleur ocre de ce sédiment ; couleur généralement liée à des formations fossiles.

Dans la phase carbonatée qui atteint (20 %) on note également la présence de débris coquilliers (Pecten, Coque, etc...) possédant cette même couleur ocre. La phase minérale est presque uniquement siliceuse (de 75 % de quartz).



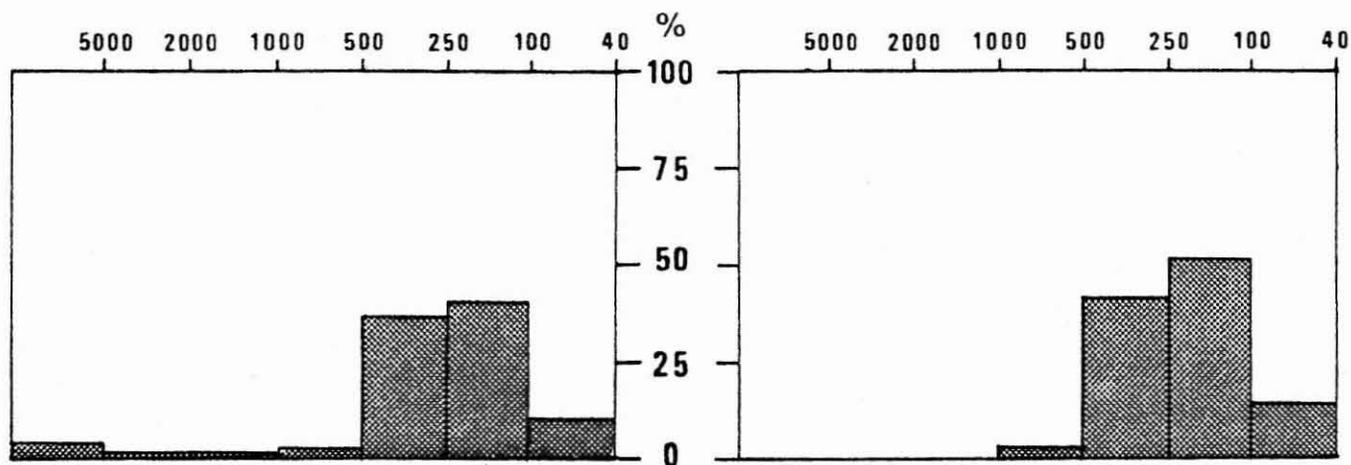
Courbes granulométriques

a - sédiment brut

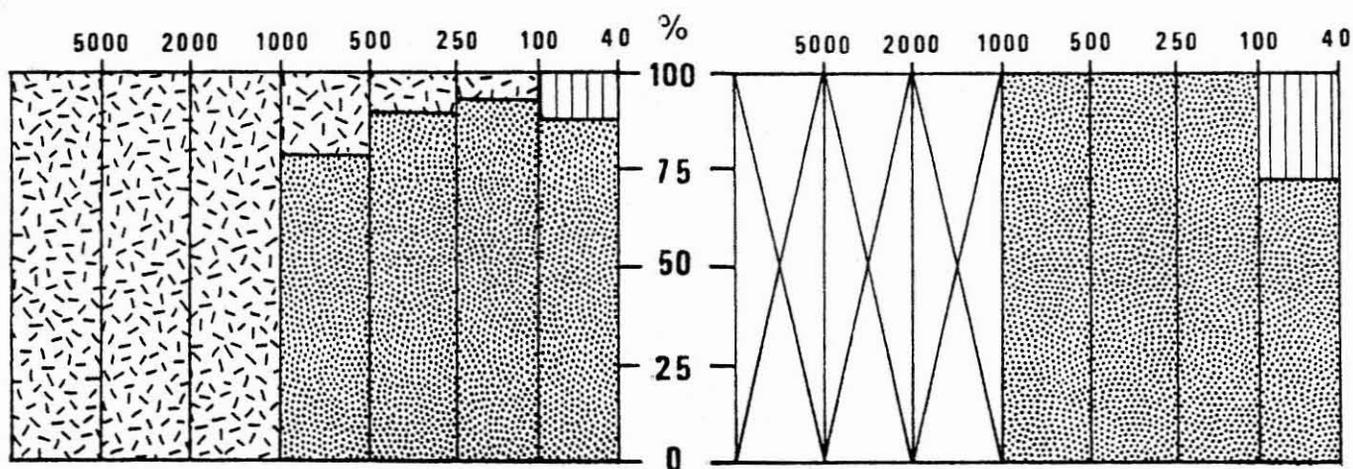
b - sédiment décarbonaté

Sédiment brut

Sédiment décarbonaté



Histogramme de fréquence



Composition de la fraction sableuse

Md = 220  $\mu\text{m}$   
 Q 75 = 300  $\mu\text{m}$   
 Q 25 = 147  $\mu\text{m}$   
 As = 0,91  
 So = 1,43

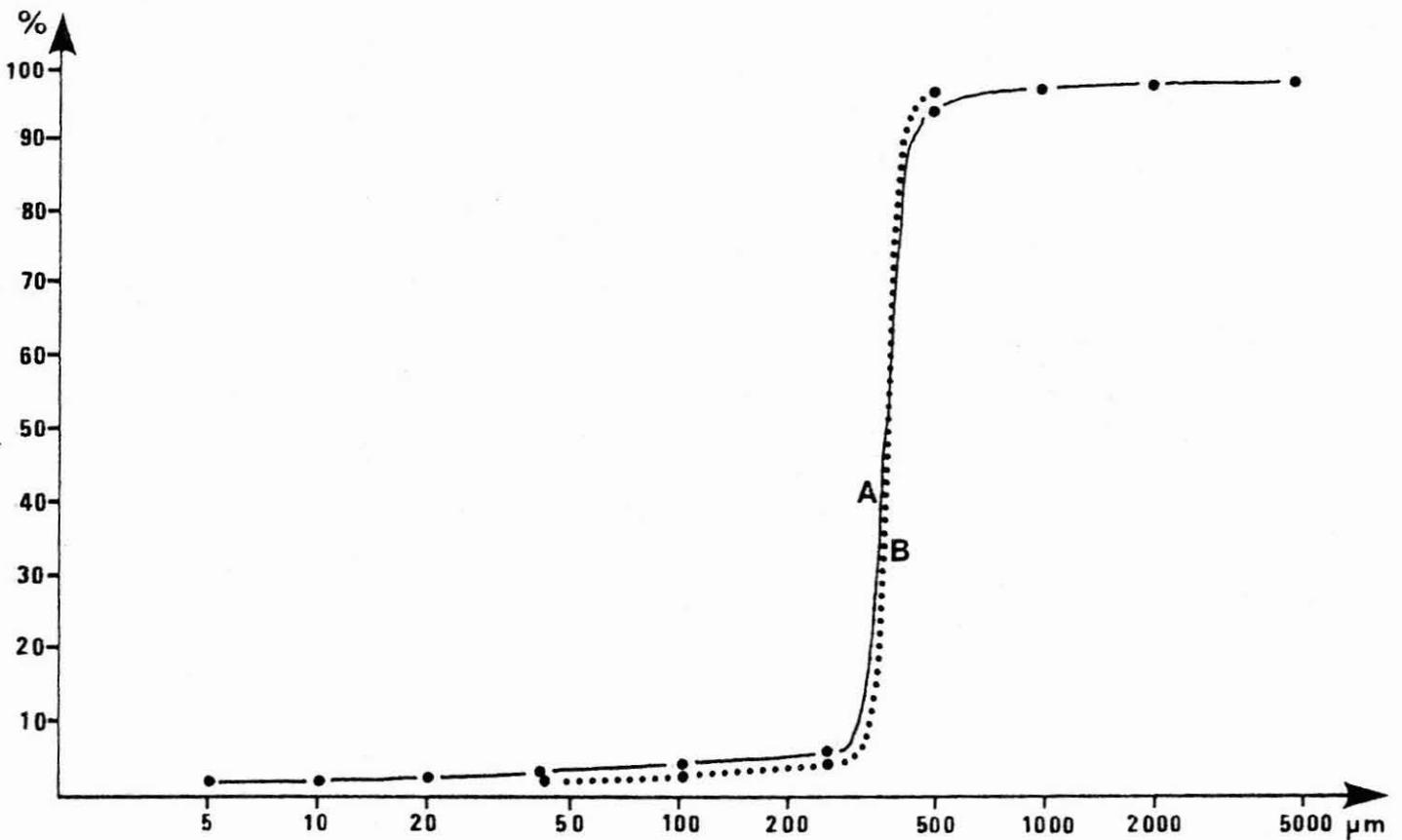
Md = 210  $\mu\text{m}$   
 Q 75 = 285  $\mu\text{m}$   
 Q 25 = 132  $\mu\text{m}$   
 As = 0,85  
 So = 1,47

Teneurs en carbonates 15 - 20 %

## CATEGORIE IV

Le seul caractère distinctif de cette catégorie par rapport à la précédente est un meilleur classement ( $S_o = 1,10$ ) puisqu'elle présente un seul mode granulométrique entre 250 et 500 microns.

Les autres paramètres restent identiques à ceux de la catégorie 3 : couleur, composition minéralogique, teneur en carbonate.



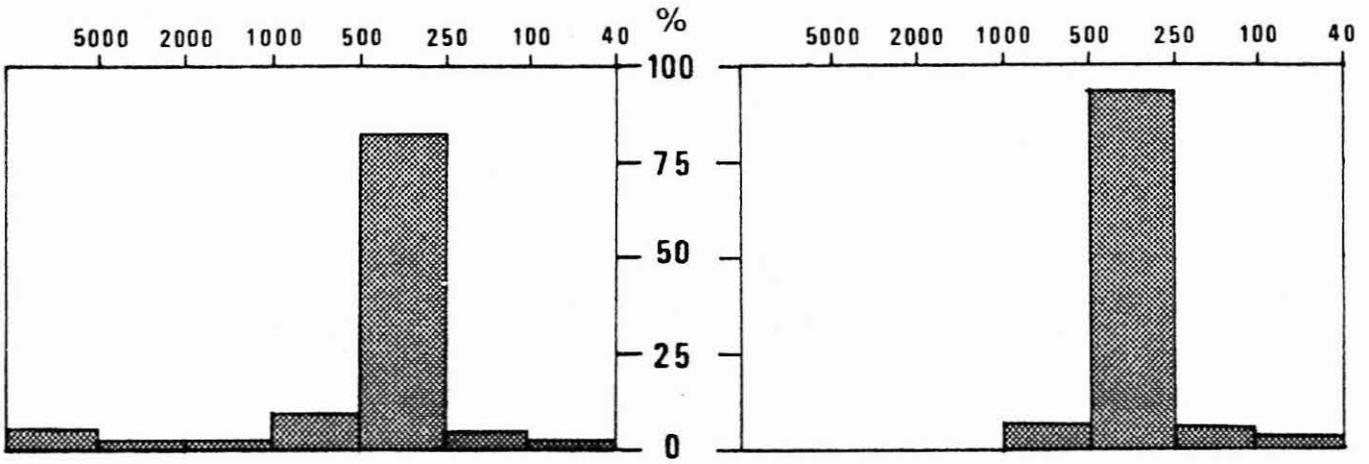
Courbes granulométriques

a - sédiment brut

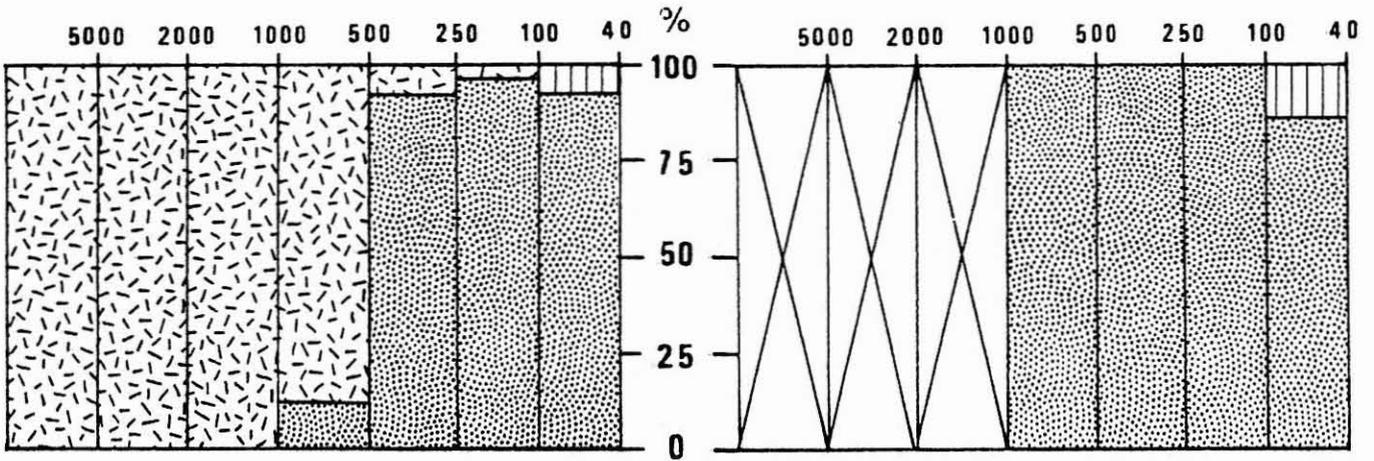
b - sédiment décarbonaté

Sédiment brut

Sédiment décarbonaté



Histogramme de fréquence



Composition de la fraction sableuse

Md = 380 µm  
 Q 75 = 410 µm  
 Q 25 = 345 µm  
 As = 0,98  
 So = 1,10

Md = 380 µm  
 Q 75 = 400 µm  
 Q 25 = 360 µm  
 As = 1,00  
 So = 1,05

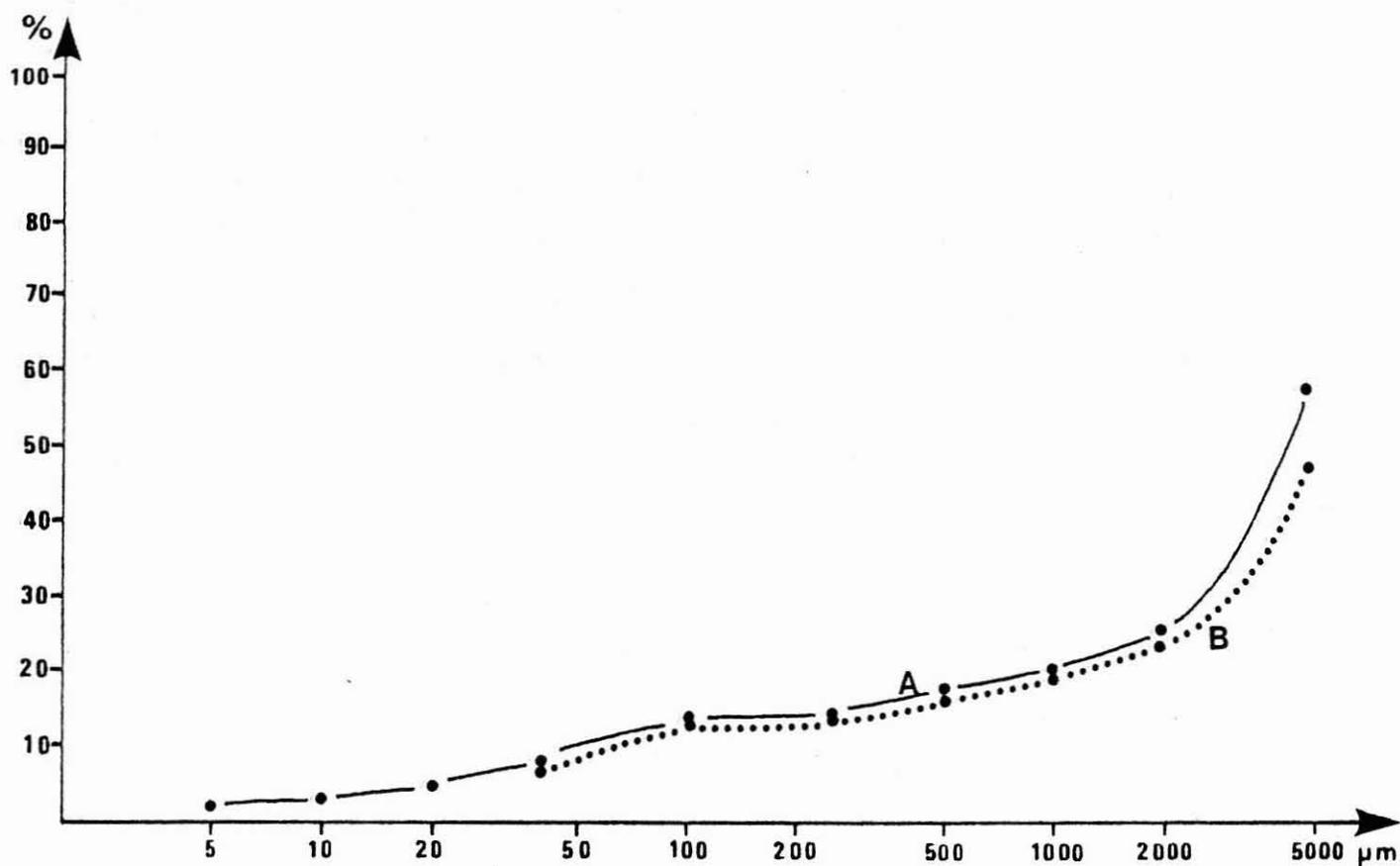
Teneurs en carbonates 15 - 20 %

## CATEGORIE **V**

Graviers ( $Md = 4200 \mu m$ ) avec dominance de la fraction granulométrique (2000 à 10 000  $\mu m$ ). Ces sédiments sont assez bien classés ( $So = 1,94$ ) et peu carbonaté (8 %).

Il s'agit essentiellement de débris de gneiss et de schistes.

On observe souvent l'adjonction d'une fraction fine (40 - 100  $\mu m$ ) dont la proportion ne dépasse pas 20 %. Celle-ci est liée à un léger envasement de ces dépôts (5 % à 20 % de vase). La présence de débris ligneux est à rattacher à cette population fine.



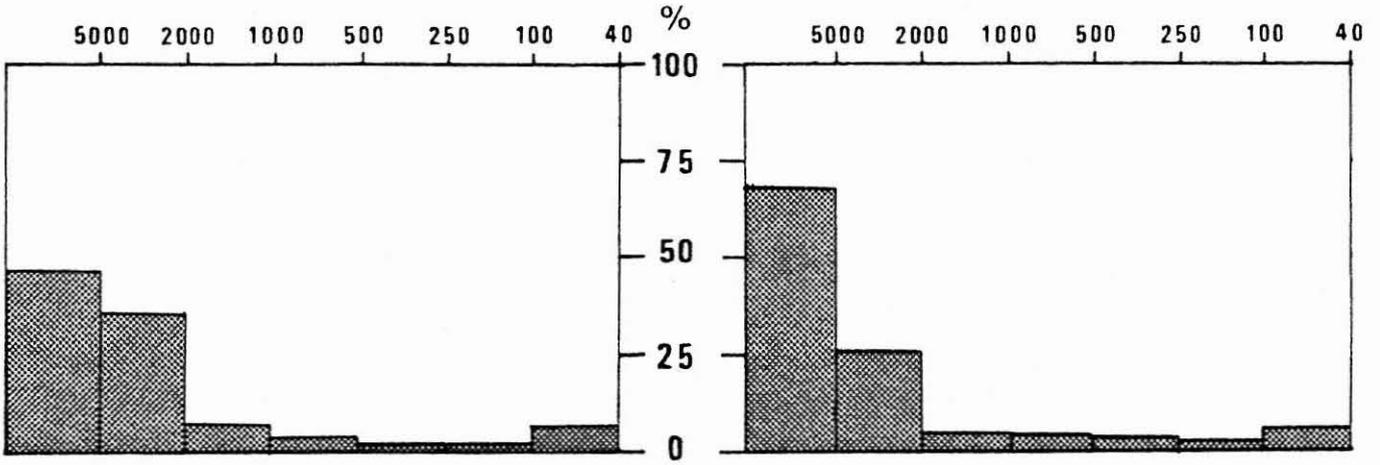
Courbes granulométriques

a - sédiment brut

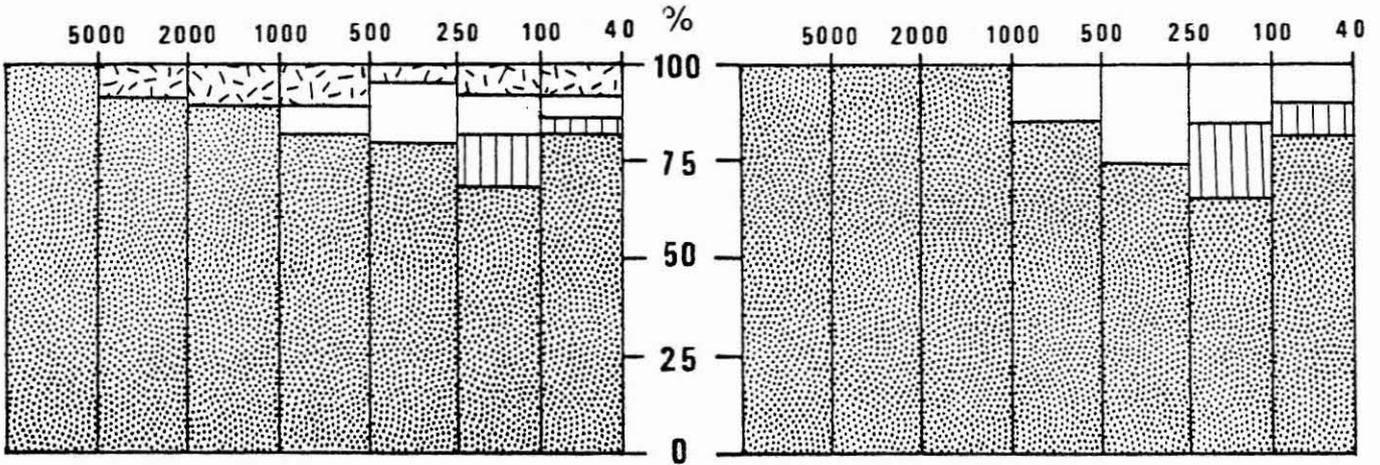
b - sédiment décarbonaté

Sédiment brut

Sédiment décarbonaté



Histogramme de fréquence



Composition de la fraction sableuse

Md = 4400 μm  
 Q 75 = 6600 μm  
 Q 25 = 1850 μm  
 As = 0,63  
 So = 1,94

Md = 5150 μm  
 Q 75 = 6800 μm  
 Q 25 = 2300 μm  
 As = 0,59  
 So = 1,72

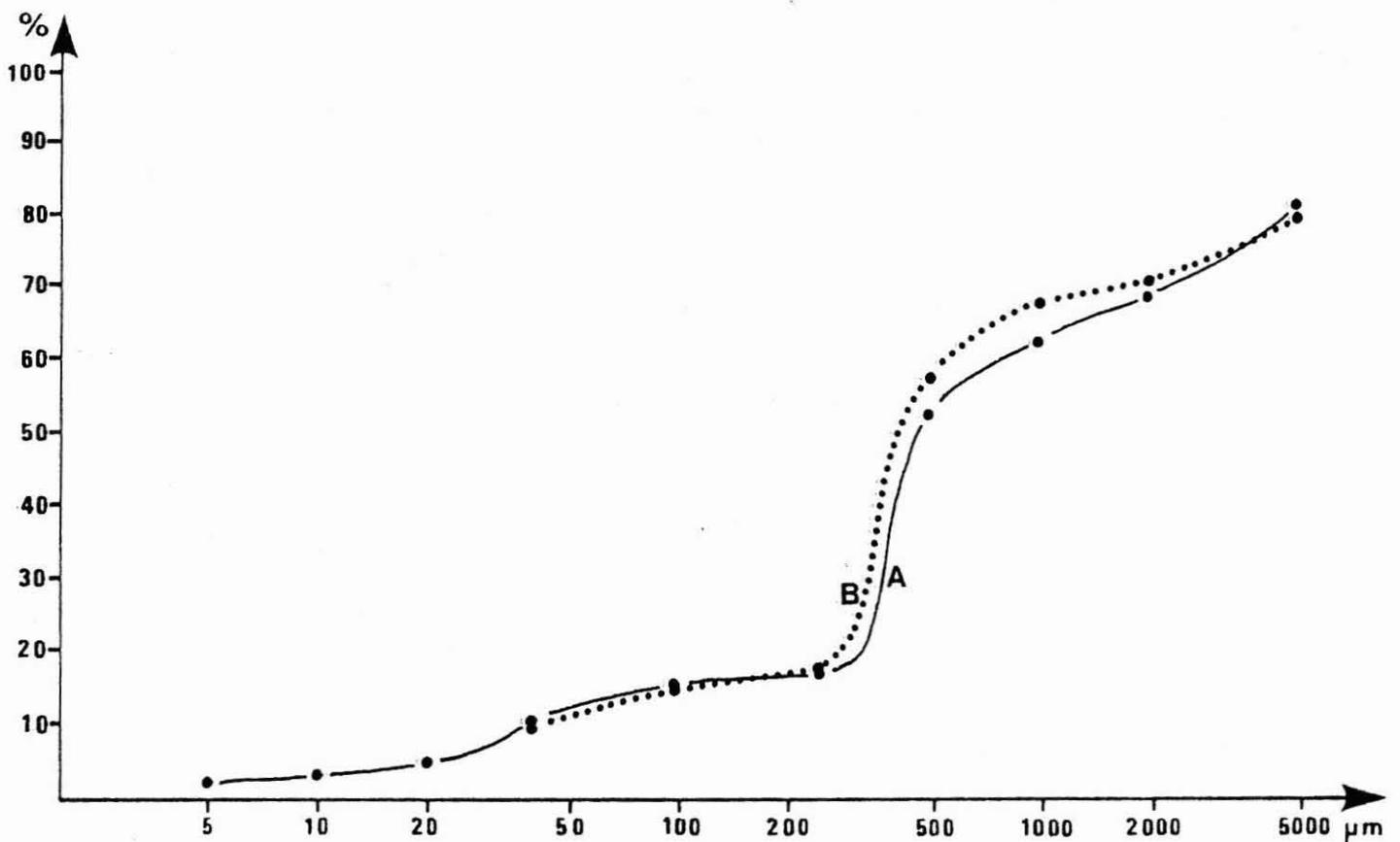
Teneurs en carbonates 6 - 8 %

## CATEGORIE VI

Il s'agit du sédiment le plus hétérométrique (grossier à graveleux) dans l'ensemble de la zone prospectée. Il possède l'indice de classement le plus médiocre ( $S_o = 3,20$ ).

Plusieurs modes sont représentés à des proportions variables (250 - 500 ; 2000 - 5000  $\mu\text{m}$ ).

La phase carbonatée, qui représente (20%) du dépôt est elle aussi hétérogène et hétérométrique puisque l'on a reconnu un mélange de débris coquilliers frais et de gros débris de teinte ocre.

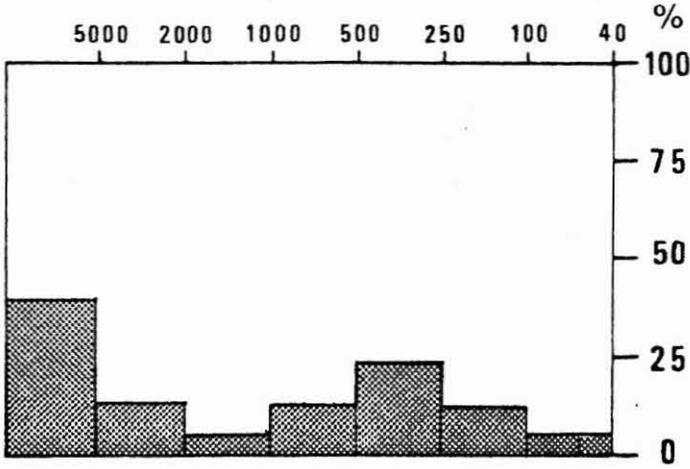


Courbes granulométriques

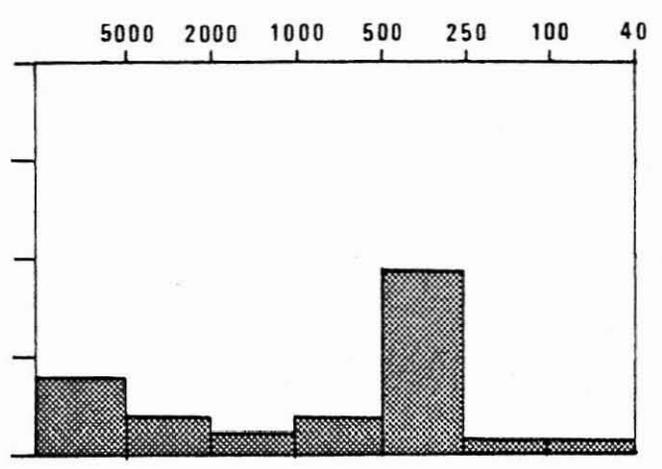
a - sédiment brut

b - sédiment décarbonaté

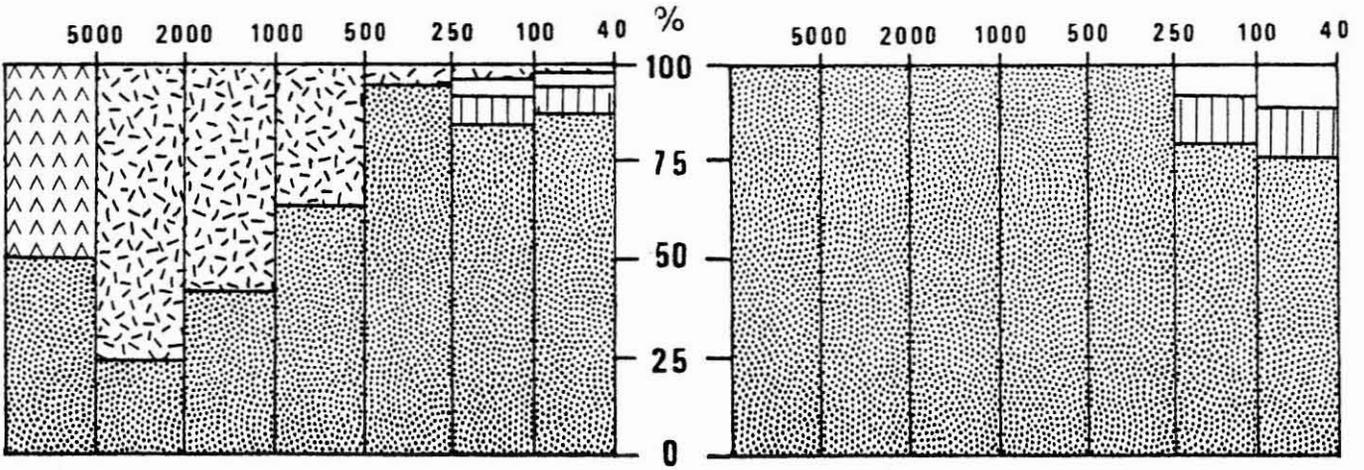
Sédiment brut



Sédiment décarbonaté



Histogramme de fréquence



Composition de la fraction sableuse

Md = 460 μm  
 Q 75 = 3500 μm  
 Q 25 = 350 μm  
 As = 5,79  
 So = 3,20

Md = 410 μm  
 Q 75 = 3400 μm  
 Q 25 = 320 μm  
 As = 6,47  
 So = 3,26

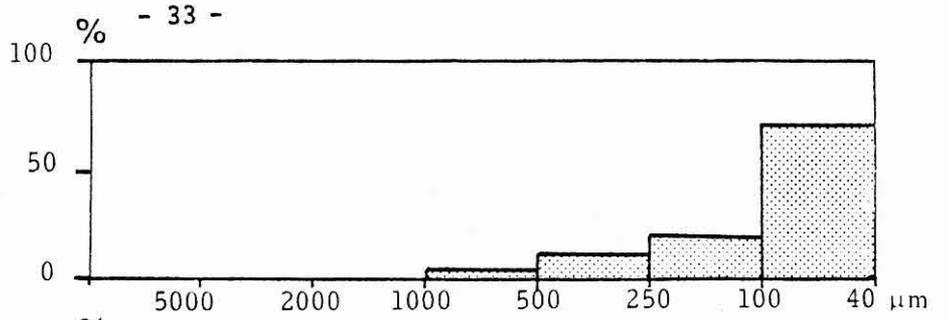
Teneurs en carbonates 15 - 25 %

Sur la base de ces résultats ponctuels et des données recueillies sur l'ensemble du littoral, il apparaît donc que les sédiments de la zone prospectée ont une double origine :

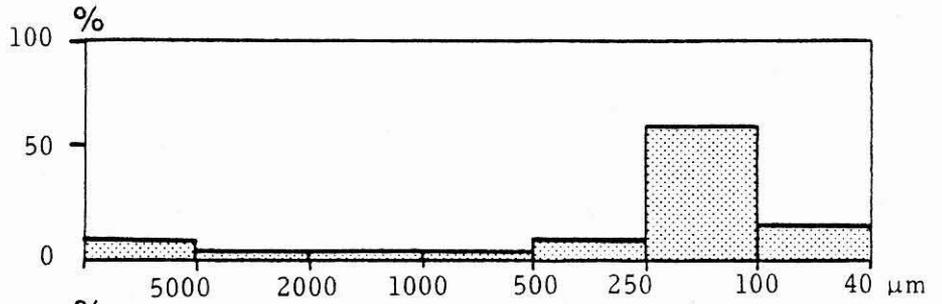
- Un substrat fossile, représenté par des sables fins à moyens quartzeux, et des graviers et galets (cat. 3 - 6). Ce substrat est également caractérisé par une couleur ocre et la présence de thanatocoenose.
- des sables très fins actuels (cat. 1 - 2) gris et micacés généralement limités à la bande la plus littorale (0 - 20 m) de la zone prospectée.

La figure 15 et le tableau suivant rappellent les principales caractéristiques des sédiments étudiés.

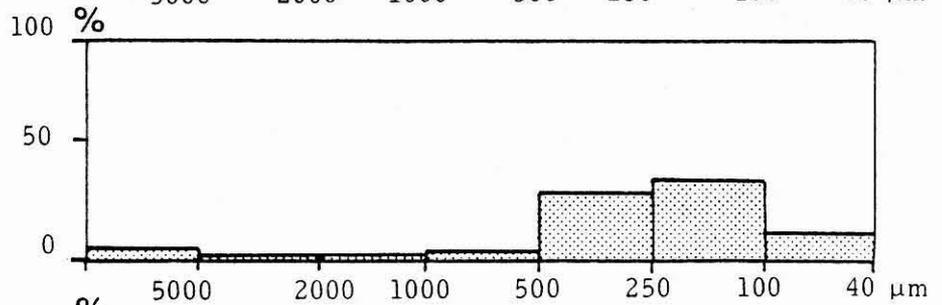
CATEGORIE I



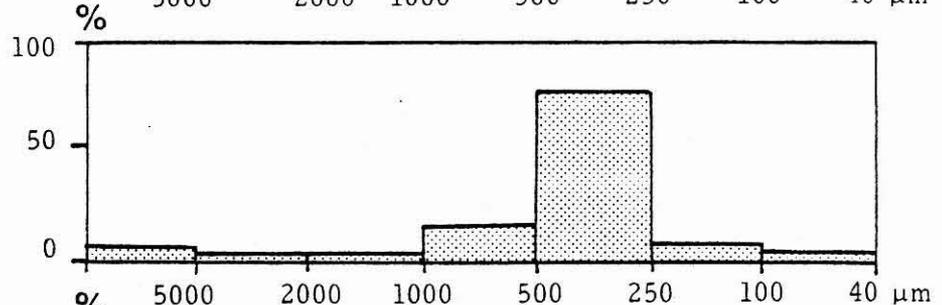
CATEGORIE II



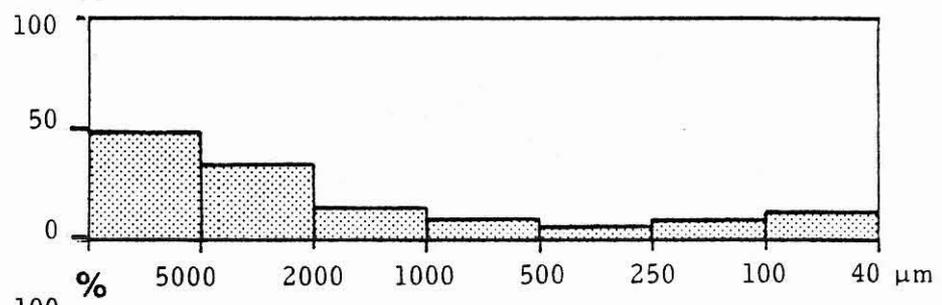
CATEGORIE III



CATEGORIE IV



CATEGORIE V



CATEGORIE VI

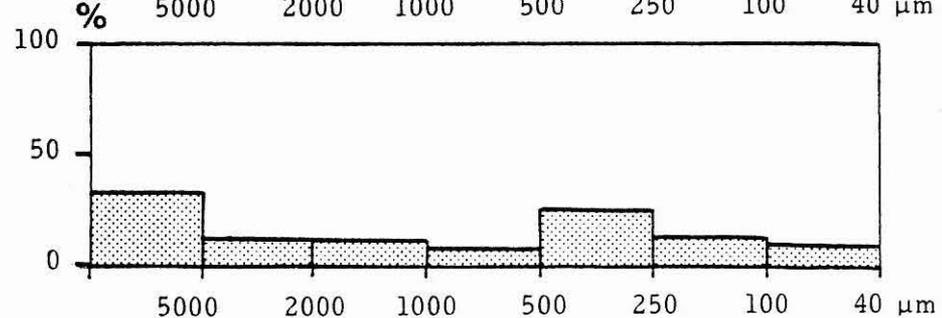


Fig. 15 : Comparaison des histogrammes de fréquences des différentes catégories de sédiments reconnues sur les zones étudiées.

Catégorie	Nature	Couleur	Médiane	Mode	Indice de classement	Degré d'assymétrie	Teneur en carbonates
1	sable très fin	gris	65 $\mu\text{m}$	40 - 100 $\mu\text{m}$	1,34	0,97	10-15 %
2	sable fin	gris	135 $\mu\text{m}$	100 - 250 $\mu\text{m}$	1,45	0,97	8-10 %
3	sable fin à moyen	ocre	220 $\mu\text{m}$	100 - 250 $\mu\text{m}$ ou/et 250 - 500 $\mu\text{m}$	1,43	0,91	15-20 %
4	sable moyen	ocre	380 $\mu\text{m}$	250 - 500 $\mu\text{m}$	1,10	0,98	15-20 %
5	graviers	ocre	4400 $\mu\text{m}$	> 5000 $\mu\text{m}$	1,94	0,63	6-8 %
6	sable grossiers à graveleux	ocre	460 $\mu\text{m}$	> 5000 $\mu\text{m}$ et 250 - 500 $\mu\text{m}$	3,20	5,79	15-25 %

Fig. 16 - TABLEAU RECAPITULATIF  
Nature et propriétés granulométriques des sédiments  
prélevés sur les zones de CANET et ST CYPRIEN

### III.3. - Etude du site de SAINT CYPRIEN

L'examen du relevé cartographique met en évidence deux domaines séparés par un alignement de pointements rocheux d'orientation NE-SO et matérialisé sur la carte par les points: A et B.

- Un domaine nord, homogène, constitué par des sables fins à très fins (cat. I - II) où la cartographie au sonar latéral met en évidence une aire de faible superficie (0,3 km<sup>2</sup>) qui, par analogie avec les structures déjà connues, doit être constituée par des sables moyens à grossiers.

- Un domaine sud, formé par deux ensembles de sables grossiers et de graviers (cat. 3 à 6) et dont la surface atteint respectivement 1,2 km<sup>2</sup> et 0,8 km<sup>2</sup>.

#### Dynamique de la zone

Entre 0 et 20 m de profondeur, les sédiments, sables fins à très fins (cat I et II), sont soumis à la dynamique littorale avec des transits alternativement N → S et S → N (cf. chapitre II).

- Le domaine nord est soumis à un envasement par les alluvions de la Têt entraînés par le courant littoral de direction Nord → Sud (fig.17). Il constitue la limite sud de l'aire d'influence de la Têt.

- A partir de 20 m de profondeur les sédiments grossiers (sables, graviers, galets, cat. III à VI) qui constituent le domaine méridional sont des dépôts reliques à priori stables dans les conditions normales de l'environnement (houle et vents locaux les plus fréquents).

#### Faisabilité

L'importante superficie occupée par les substrats durs (rocheux) et meubles grossiers (sables grossiers, graviers, galets) fait que le site de St-Cyprien offre de grandes possibilités de valorisation.

Toutefois, compte-tenu du fonctionnement dynamique de ce site, nous préconisons une extension de la concession vers le Sud ; c'est à dire vers les épandages de sables graveleux de la zone méridionale de moindre envasement.

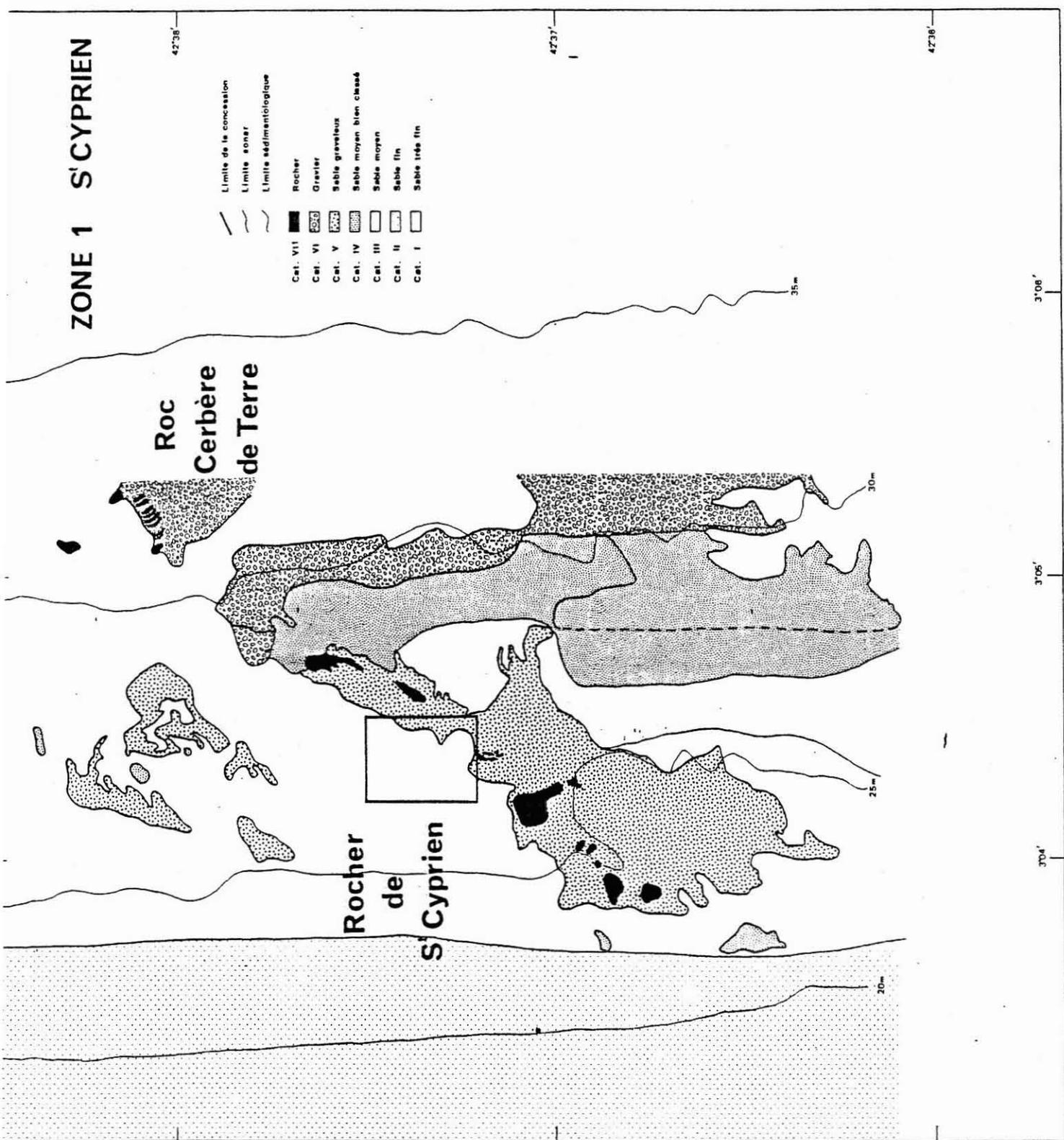


Fig. 18 Cartographie sédimentaire de la zone de St-Cyprien :  
 coordonnées de la concession :

Point NW	42°37'50	Point NE	42°37'50
	03°04'20		03°04'50
Point SW	42°37'20	Point SE	42°37'20
	03°04'20		03°04'50

### III.4. - Etude du site de CANET

La zone de Canet (fig. 18) comprend des formations à coefficient de rétrodiffusion moyen, qui correspondent à ce que l'on appelle Rocher de la Têt et Roc de Terre. Elles occupent respectivement une superficie de 1 km<sup>2</sup> et de 0,7 km<sup>2</sup>. En l'absence de prélèvement, et par analogie avec la zone de St-Cyprien, nous pensons qu'il s'agit de sables grossiers (cat. III et IV) voir même de graviers (cat. V et VI). Cette analogie est confirmée par l'étude d'une carotte de grande longueur ( $\approx 4$  m) qui montre une alternance de niveaux sableux et de graviers.

Tout le reste de la zone, c'est à dire plus de 80 %, apparaît homogène, tant du point de vue géophysique (très faible coefficient de rétrodiffusion) que sédimentologique. Les 25 prélèvements effectués dans cette zone sont tous constitués par des sables très fins envasés (cat. I).

#### Dynamique de la zone

En dehors de la bande de sables littoraux, non comprise dans la zone étudiée, la couverture sédimentaire superficielle traduit le fort envasement lié aux apports fluviaux de la Têt. Cet apport de sédiments s'effectue par un système de couches turbides de surface et de fond distribuées par les courants littoraux. La figure 19 montre la répartition de ces couches turbides lors d'une mission effectuée en 1980, en période estivale et en présence de la thermocline.

En l'absence d'apports directs par la rivière, les dépôts de vases peuvent être remis en suspension par la houle ou les courants littoraux. Les sédiments ainsi remis en suspension vont alors alimenter la couche turbide de fond et se redéposer en fonction du régime de courants.

#### Faisabilité

Compte-tenu des critères retenus (cf. chap. V), la concession actuelle (cf. carte hors texte) paraît présenter un faible degré de faisabilité. Elle est en effet directement soumise aux apports de la rivière Têt comme le montre la répartition de la matière en suspension (fig. 19) et les expériences de traçage par rhodanine (opérations "Pelikan" menées par la D.D.A.S.S., la D.D.E. et le S.M.N.L.R. Il en résulte donc un fort envasement et un piégeage de produits anthropiques (matière organique, polluants métalliques...).

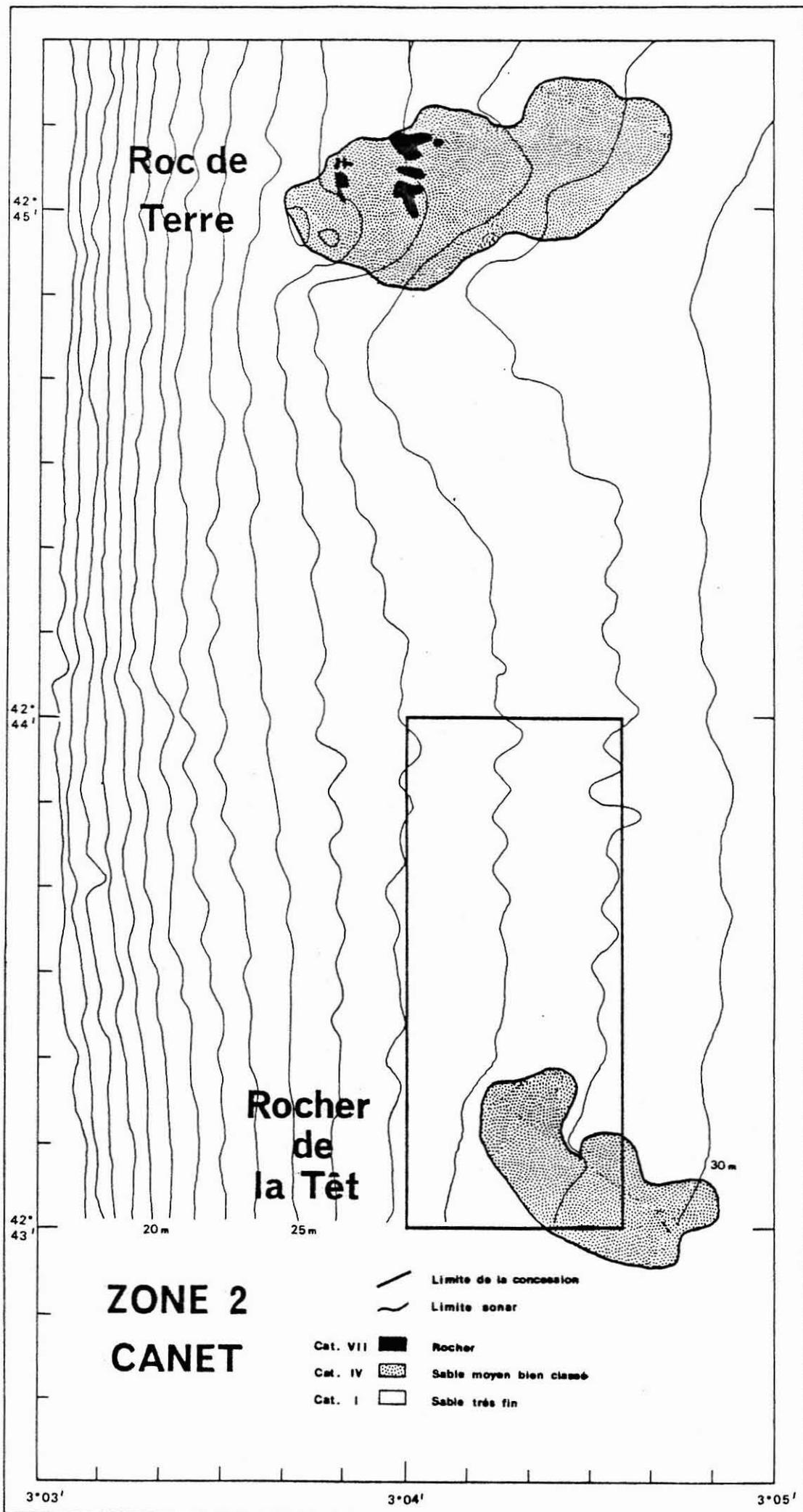


Fig. 17 Cartographie sédimentaire de la zone de Canet :

- coordonnées de la concession

Point NW	42°44'00	Point NE	42°44'00	Point SW	42°43'00	Point SE	42°43'00
	03°04'20		03°04'70		03°04'00		03°04'70

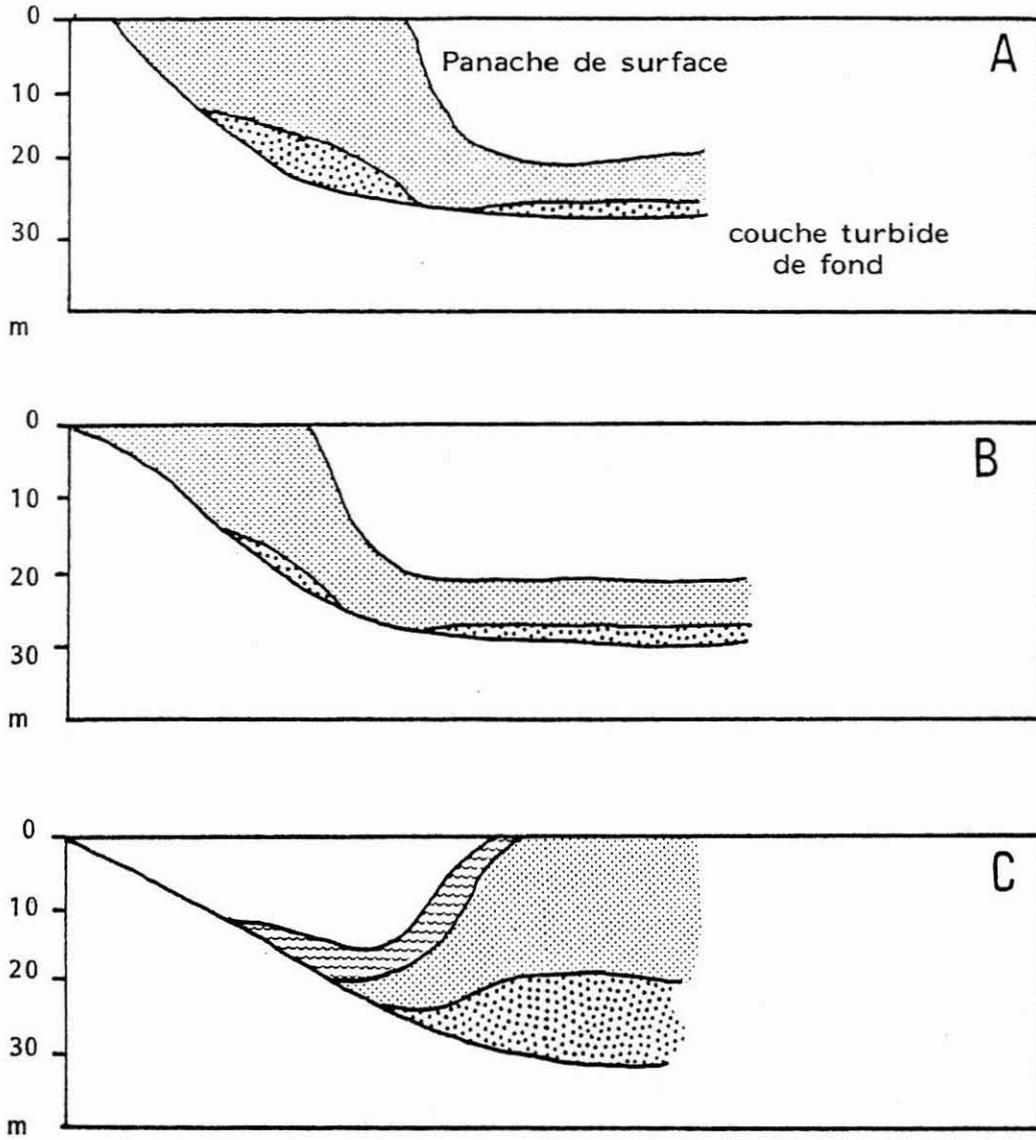
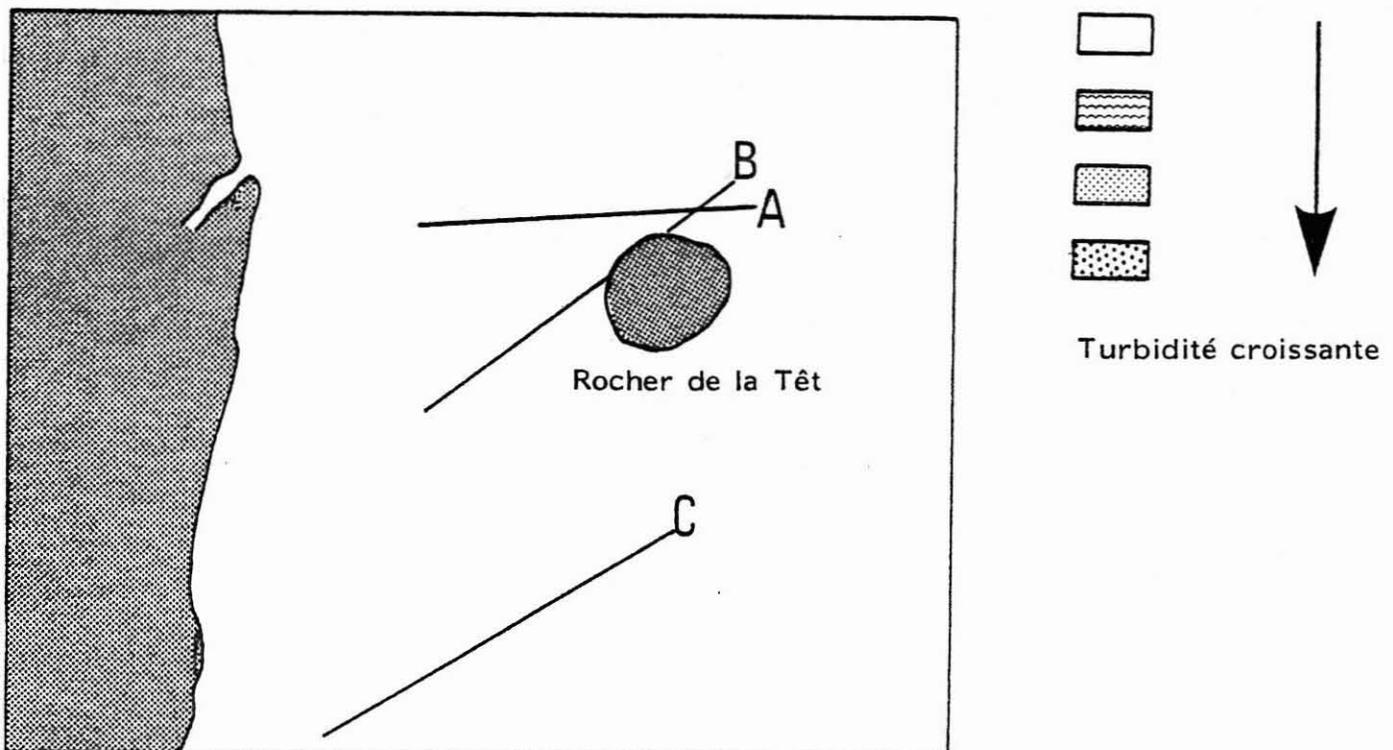


Fig. 19 : Evolution de la turbidité aux environs du Rocher de la Têt.



En conséquence, nous suggérons de déplacer la concession vers le Nord, afin qu'elle occupe la quasi totalité du Roc de Terre (0,7 km<sup>2</sup>) qui, d'après les données bibliographiques confirmées par les données sonar serait constitué par des pointements rocheux et un substrat grossier meuble. Il conviendrait toutefois de vérifier la nature exacte des substrats soit par des prélèvements (benne à sable) ou lors de plongées de reconnaissance.

Le Roc de Terre semble par ailleurs, peu influencé par les apports de la Têt détournés vers le Sud par les courants littoraux.

#### IV - PROPOSITION DE SUIVI DES ZONES AMENAGEES PAR RECIFS ARTIFICIELS

Les zones prospectées apparaissent plus ou moins favorables à l'implantation de récifs artificiels. Elles nécessitent, dans tous les cas, un suivi de l'évolution de l'environnement.

Dans un premier temps, nous suggérons que, lors de l'opération d'immersion, soit mis en place dans chaque concession, un récif témoin équipé d'instruments de mesure :

- un piézomètre différentiel (cf. rapport géotechnique)
- des repères destinés à mesurer le tassement, l'érosion ou l'engraissement de la structure,
- un piège à particules pour la mesure des flux organiques et minéraux et la mise en évidence des modifications qualitatives et quantitatives du matériel transporté en suspension,
- un courantomètre qui, outre la direction et la vitesse des courants apporterait des données complémentaires sur les variations de température et la salinité.

De plus, il serait nécessaire d'effectuer semestriellement, au pied du récif, des prélèvements de sédiments destinés à l'étude sédimentologique et au suivi de la pollution (métaux lourds, matière organique) et de la faune benthique.

A une fréquence plus large (annuelle) une prospection au sonar latéral aura pour but de vérifier la conservation ou la modification des structures naturelles (bancs de sables, rides, affleurement de roches) et artificielles (traits de chalut).

## V - PROSPECTIVES

L'étude qui vient d'être réalisée permet de dégager les critères de choix pour l'implantation de récifs artificiels sur le plateau continental du Languedoc-Roussillon.

Le site retenu doit se trouver en dehors des zones d'envasement, comporter un substrat dur ou meuble (sables, graviers, galets ou rochers) et se trouver dans un domaine à l'abri des effets de la houle ; c'est à dire à plus de 20 m de profondeur.

En fonction de ces critères, différents sites potentiels peuvent être retenus. Le tableau suivant expose leurs principales caractéristiques.

Pour la reconnaissance détaillée de ces sites, nous proposons le protocole d'étude suivant :

### V.1. - Reconnaissance générale par méthodes géophysiques

- Cartographie au sonar latéral. Cette première approche permettra de mieux définir les zones à priori les plus favorables à l'implantation des récifs,
- Bathymétrie fine. L'étude bathymétrique apporte de précieux renseignements sur les zones d'accumulation ou d'érosion,
- Sismique très haute résolution. Cette technique permet de lever le doute quant à la nature exacte d'un substrat dur (rocher ou cailloutis), et de préciser son extension verticale et la disposition des diverses couches sédimentaires.

### V.2. - Cartographie sédimentaire

Le positionnement des points de prélèvement doit se faire en fonction des données géophysiques. L'étude des échantillons prélevés permettra d'identifier la nature exacte des fonds et d'apprécier les caractéristiques géotechniques.

Trois techniques de prélèvement sont souhaitables :

- carottier de type kullenberg. Prélèvement nécessaire pour les études géotechniques,

- carottier de type Reineck. La conservation de la couche de surface des carottes prélevées par cette technique, rend possible : l'étude et la mise en évidence de remaniements et le dosage des polluants ;
- benne à sable. Ce type de prélèvement, plus aisé à mettre en oeuvre, permettra d'étendre rapidement la zone d'étude et de confirmer les hypothèses émises sur la base de la cartographie au sonar latéral.

L'analyse des prélèvements ainsi obtenus doit aboutir à une cartographie des substrats définis en fonction de leurs propriétés granulométriques, mécaniques, chimiques et biologiques. Des indications sont ainsi fournies sur le comportement dynamique de la zone, la colonisation benthique des substrats et l'état de la pollution.

### V.3. - Mesures hydrologiques

Les campagnes hydrologiques sont destinées à fournir, dans des conditions météorologiques données, divers paramètres de l'environnement tels que température, salinité, charge en suspension, direction et force des courants, sels nutritifs.

### V.4. - Etude de la pollution

Le littoral du Languedoc-Roussillon est situé dans un environnement fortement tributaire des actions anthropiques. Si son aménagement a pour but la valorisation, il en résulte également des modifications d'ordre dynamique et chimique. Une attention toute particulière devra donc être portée aux taux de matière organique, aux métaux lourds (Cu, Pb, Zn, Cd), aux hydrocarbures et aux détergents dans les sédiments et dans la colonne d'eau. Ces paramètres sont également déterminants pour l'évolution biologique des sites.

*Le tableau suivant présente les caractéristiques générales physiques et hydrodynamiques de zones susceptibles d'être aménagées par récifs artificiels. La faisabilité ne tient pas compte des aspects économiques ni biologiques.*

*Dans le cas où un site serait retenu, nous préconisons un protocole d'étude tel qu'il vient d'être défini.*

Site potentiel		Prof.	Surface théorique	Environnement géologique	Faisabilité
1	Cap Béar	20 - 50 m	1,2 km <sup>2</sup>	côte rocheuse - substrat : graviers sable grossier	hydrodynamisme important
2	Argelès	20 - 30 m	3 km <sup>2</sup>	épandage sableux ancré sur 3 pointements "rocheux" : les roches Tavec, Fayte, Travesière. substrat : rochers, sable grossier	très bonne
3	St-Cyprien	20 - 30 m	1 km <sup>2</sup>	côte rocheuse substrat : rocher sableux graveleux sable grossier	cf. rapport
4	Cerbère de Terre	30 - 50 m	1 km <sup>2</sup>	côte sableuse substrat : rocher - sable graveleux sable grossier	influence possible des apports de la Têt
5	Plateau de St-Nazaire	20 - 30 m	0,8 km <sup>2</sup>	côte sableuse substrat rocheux dominant : sable grossier	moyenne, influence directe des apports de la Têt
6	Roc de Terre	15 - 25 m	0,9 km <sup>2</sup>	côte sableuse substrat : rocher - sable grossier	moyenne cf. rapport
7	Torreilles	30 - 50 m	4 km <sup>2</sup>	côte sableuse substrat rocheux très développé, sable graveleux, sable grossier	très bonne
8	St Laurent	30 - 35 m	0,4 km <sup>2</sup>	côte sableuse substrat : rochers - sable graveleux sable grossier	moyenne ; influence des apports de l'Agly
9	Banc du Libron	10 - 20 m	0,1 km <sup>2</sup>	grès encroûté, cailloutis, galets envasement récent du aux apports du complexe Aude-Hérault	hydrodynamisme peu connu influence des apports de l'Hérault - influence de la houle pour la zone la plus côtière
10	Cap d'Agde	10 - 25 m	6 km <sup>2</sup>	affleurement volcanique (basalte) très ensablé à l'Ouest cailloutis, tufs, encroûtement algair très important	zone de remontée d'eaux froides hydrodynamisme peu connu influence de la houle pour la zone la plus côtière
11	Frontignan	10 - 20 m	2,5 km <sup>2</sup>	superposition de grès friable et de grès indurés calcaires lagunaires, et lacustres du villafranchien (Aresquiers)	risque de pollution hydrocarbures (cf. étude Fossette du L.S.G.M.)
12	Palavas	30 m	20 km <sup>2</sup>	grès calcaires compacts (encroûtés) recouvrements de cailloutis et de galets wurmiens l'envasement et l'ensablement varient suivant la zone	la partie la plus septentrionale est soumise à un fort envasement (Lez et Grau du Roi) seule la partie la plus externe échappe à cet envasement

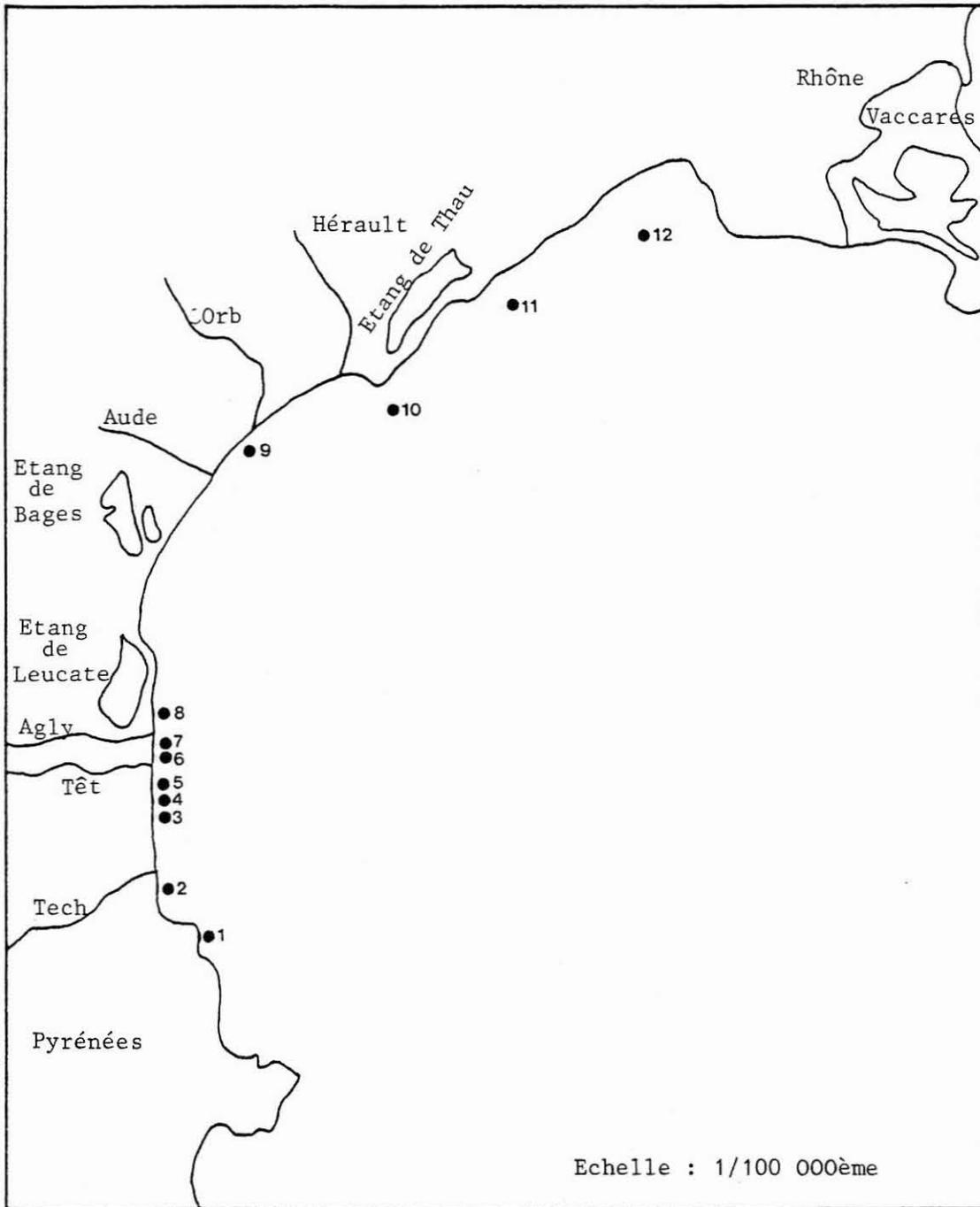


Fig. 20 - Position des zones proposées pour l'aménagement de récifs artificiels

## CONCLUSION

Cette étude montre que seule une corrélation entre les relevés au sonar latéral et les prélèvements de sédiments est susceptible de fournir des indications précises sur la qualité des sites aménageables par récifs artificiels.

C'est sur cette base que nous émettons un avis sur les 2 concessions étudiées (St Cyprien et Canet) avec notamment :

- pour St Cyprien : un léger déplacement de la concession vers le Sud,

- pour Canet : l'abandon et la concession telle quelle est prévue et l'implantation, sous réserve d'un complément d'échantillonnage, plus au nord sur un substrat dur (Roc de Terre) moins soumis aux apports fluviaux de la Têt.

Pour les autres sites (12) que nous proposons ce même protocole d'étude est nécessaire avec toutefois une amélioration quant à la connaissance des paramètres de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE CITEE DANS LE TEXTE

- ALOISI J.C., CHARLET J.M., 1975 - Intérêt de la thermoluminescence dans l'étude de l'alimentation en quartz du Golfe du Lion.  
Rev. de Géogr. phys. et Géol. dyn., vol. 17 fasc. 1, pp. 23-38.
- ALOISI J.C., MONACO A., MILLOT C. et PAUC H., 1979 - Dynamique des suspensions et mécanismes sédimentogénétiques sur le plateau continental du Golfe du Lion.  
C.R. Acad. Sci. Paris, t. 289, pp. 879-882.
- DUPLAIX S. et LALOU C., 1951 - Etude pétrologique des sables du Roussillon.  
Vie et Milieu, t. II fasc. 4, pp. 501-527.
- MILLOT C., 1979 - Wind reduced upwelling in the Gulf of Lion.  
Oceanol. Acta., vol. 2, n° 3.
- MILLOT C. et LAMY A., 1977 - Rapport interne n° 7802 Lyon 1977.  
Museum National d'Histoire Naturelle, 198 pp.
- MONACO A., 1971 - Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion).  
Thèse d'Etat. Université Sci. et Techn. du Languedoc, 295 pp.
- VATAN A., 1949 - Etude pétrographique de matériaux sableux côtiers du Golfe du Lion entre le Cap Cerbère et l'embouchure du Rhône.  
Sédimentation et Quaternaire  
C.R. Congrès Charente - Dordogne LED S. Ed., pp. 147-156.
- VIDAL A., 1967 - Etude des fonds rocheux circalittoraux le long de la côte du Roussillon.  
Vie et Milieu, vol. 18 T2 fasc. B, pp. 167-220.