

# DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES RECHERCHES OCEANIQUES

## Surveillance **ECOLOGIQUE**

### Site de **FLAMANVILLE**



#### **LE DOMAINE BENTHIQUE:**

**Etude par sonar latéral  
et prises de vue sous-marines  
(1983-1984)**

*ETUDE DE TERRAIN - 1983/84*





**SURVEILLANCE ECOLOGIQUE - SITE DE FLAMANVILLE**

---

**LE DOMAINE BENTHIQUE :**

**Etude par sonar latéral et prises de vues sous-marines  
(1983 - 1984)**

Responsable de l'étude : Brigitte GUILLAUMONT - IFREMER/DERO/EL

Auteurs : J.P. AUFFRET - Université de Caen - Laboratoire de Géologie Marine

S. BERNE - IFREMER/DERO/GM

F. GRESSELIN - Université de Caen - Laboratoire de Géologie Armoricaïne

B. GUILLAUMONT - IFREMER/DERO/EL

P. WALKER - Université de Caen - Laboratoire de Géologie Marine

Collaborations techniques :

Navire de soutien : N/O Thalia

Prises de vues sous-marines : L. DREVES et Y. GUENNEGAN - IFREMER/DERO/EL

Enregistrements sonar latéral : L. PETIT de la VILLEON et C. PRUD'HOMME - GENAVIR

Positionnement SYLEDIS : Y. JAOUEN et J.M. RAILLARD - GENAVIR

Dessins : D. COIC - CTRBM



## AVERTISSEMENT

Les résultats de l'étude par sonar latéral et prises de vues sous-marines des fonds du site de Flamanville ont été présentés sous trois formes complémentaires :

- le présent rapport,
- un jeu de 14 cartes de trois types (nature des fonds, trajets sonar, trajets prises de vues),
- une cassette vidéo illustrant les principaux faciès rencontrés.

Le jeu de cartes est disponible sur demande auprès de :

IFREMER/Centre de Brest - DERO/EL - BP 337 - 29273 BREST CEDEX

La cassette vidéo peut être visionnée à :

IFREMER/Centre de Brest ou EDF Région d'Équipement - Clamart.

Les documents originaux sont archivés à IFREMER/Centre de Brest.



## S O M M A I R E

1. RAPPEL DES RESULTATS ANTERIEURS - OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	1
2. METHODOLOGIE DE TERRAIN .....	8
2.1. Localisation .....	8
2.2. Sonar latéral .....	8
2.2.1. Equipement utilisé .....	8
2.2.2. Travail à la mer .....	10
2.3. Prises de vues sous-marines .....	10
3. BILAN DES CAMPAGNES A LA MER .....	11
4. ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES .....	15
4.1. Sonar latéral .....	15
4.1.1. Localisation .....	15
4.1.2. Montage cartographique .....	15
4.1.3. Définition des faciès acoustiques et problèmes d'interprétation .....	17
4.2. Prises de vues sous-marines .....	19
4.2.1. Localisation .....	19
4.2.2. Analyse des prises de vues .....	20
4.3. Estimation des surfaces .....	22
5. NATURE DES FONDS : ASPECTS DE SURFACE .....	22
5.1. Les fonds rocheux .....	23
5.1.1. Analyse structurale .....	23
5.1.2. Les différents faciès de colonisation .....	24
5.2. Les sédiments superficiels .....	25
5.2.1. Les sédiments grossiers (sables grossiers, graviers, galets) .....	26
5.2.2. Les sables .....	26
5.2.3. Les figures sédimentaires .....	29
6. LES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES EN CHARRIAGE .....	31
7. CONCLUSION .....	33
BIBLIOGRAPHIE .....	35





## 1. RAPPEL DES RESULTATS ANTERIEURS - OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'étude des fonds sublittoraux à proximité du site de Flamanville a été abordée au cours des études d'avant projet (1976) et de projet (1977 - 1979) dans le but d'appréhender les peuplements benthiques.

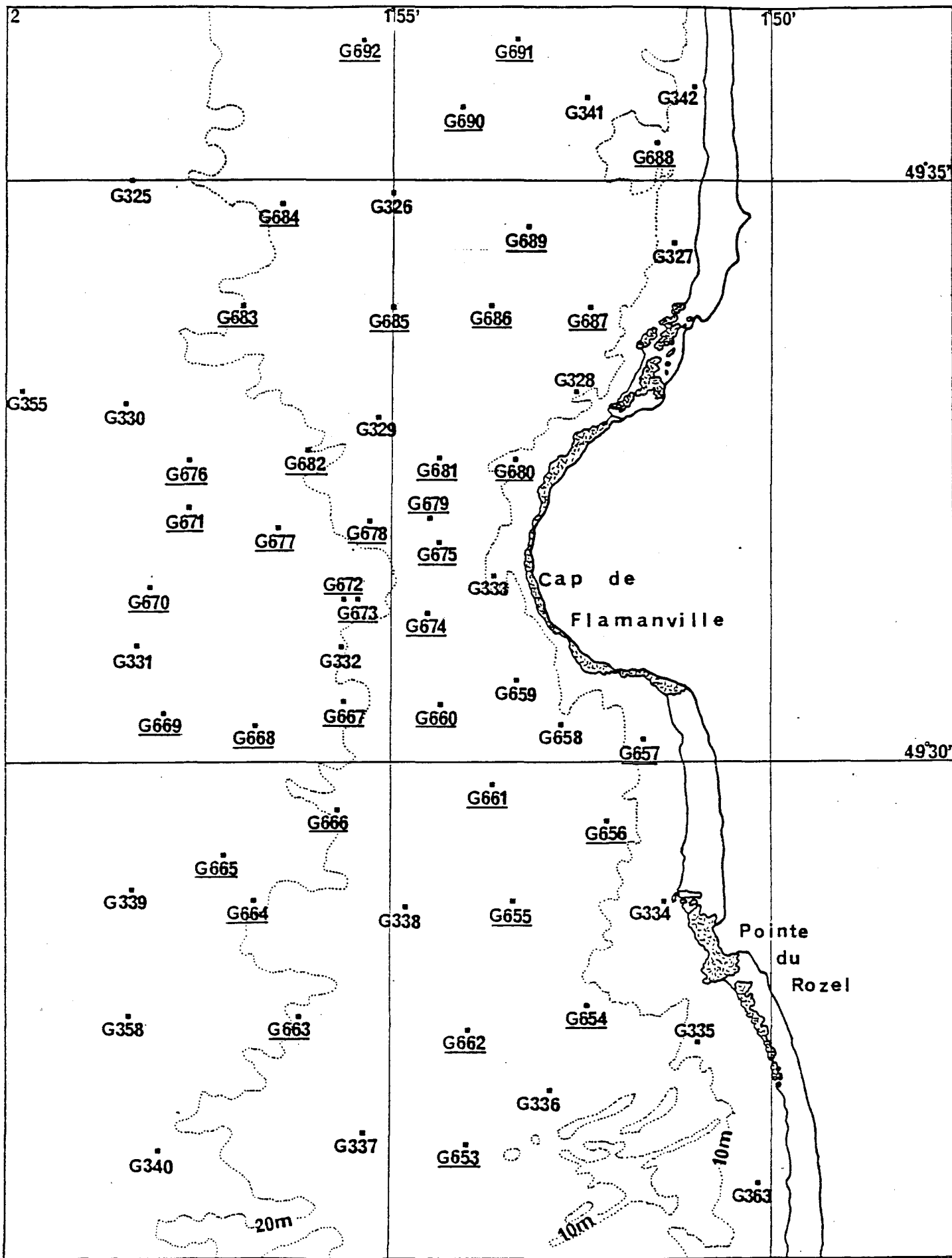
Compte tenu de la nature grossière des fonds, la reconnaissance (figure 1) a été réalisée à l'aide d'un engin trainant susceptible d'échantillonner de manière semi-quantitative sur une large variété de substrats : la drague Rallier du Baty. Si l'on exclut les fonds rocheux situés à proximité immédiate de la côte, et sur lesquels aucune information n'a pu être recueillie, deux types de peuplements ont été distingués (figure 2) :

- **Le peuplement des fonds de cailloutis et graviers plus ou moins ensablés**, largement prédominants dans ce secteur en raison du régime hydrodynamique intense qui y règne, et qui est représenté par trois faciès étroitement liés à la nature des fonds.

. Le faciès à Nucula nucleus présente un sédiment caillouto-sablo-graveleux (figure 3) ; cette hétérogénéité permet l'installation d'une faune riche et diversifiée (une vingtaine d'espèces, environ 200 individus par coup de drague) ; toutefois l'espèce Nucula nucleus, avec près de 45 % des individus, est nettement prédominante. Bien qu'aucune différence significative n'apparaisse dans la comparaison des courbes granulométriques obtenues, l'épifaune vagile apparaît mieux représentée au Nord de la zone, ainsi qu'à proximité du cap de Flamanville, alors que plus au large et au Sud, il s'agit essentiellement d'endofaune.

. Le faciès à Pisidia longicornis est localisé au droit du cap de Flamanville ; le renforcement des courants accentue le caractère caillouteux du substrat, favorisant l'épifaune vagile, notamment Pisidia longicornis et Pilumnus hirtellus.

. Le faciès d'appauvrissement par ensablement composé de sédiments sablo-graveleux, où l'on note une nette diminution du nombre d'espèces et d'individus (en moyenne 8 espèces, une dizaine d'individus) dont essentiellement Spisula elliptica.



Dragages 1975 : série G 300

Dragages 1976 : série G 600

Fig.1 LOCALISATION des DRAGAGES

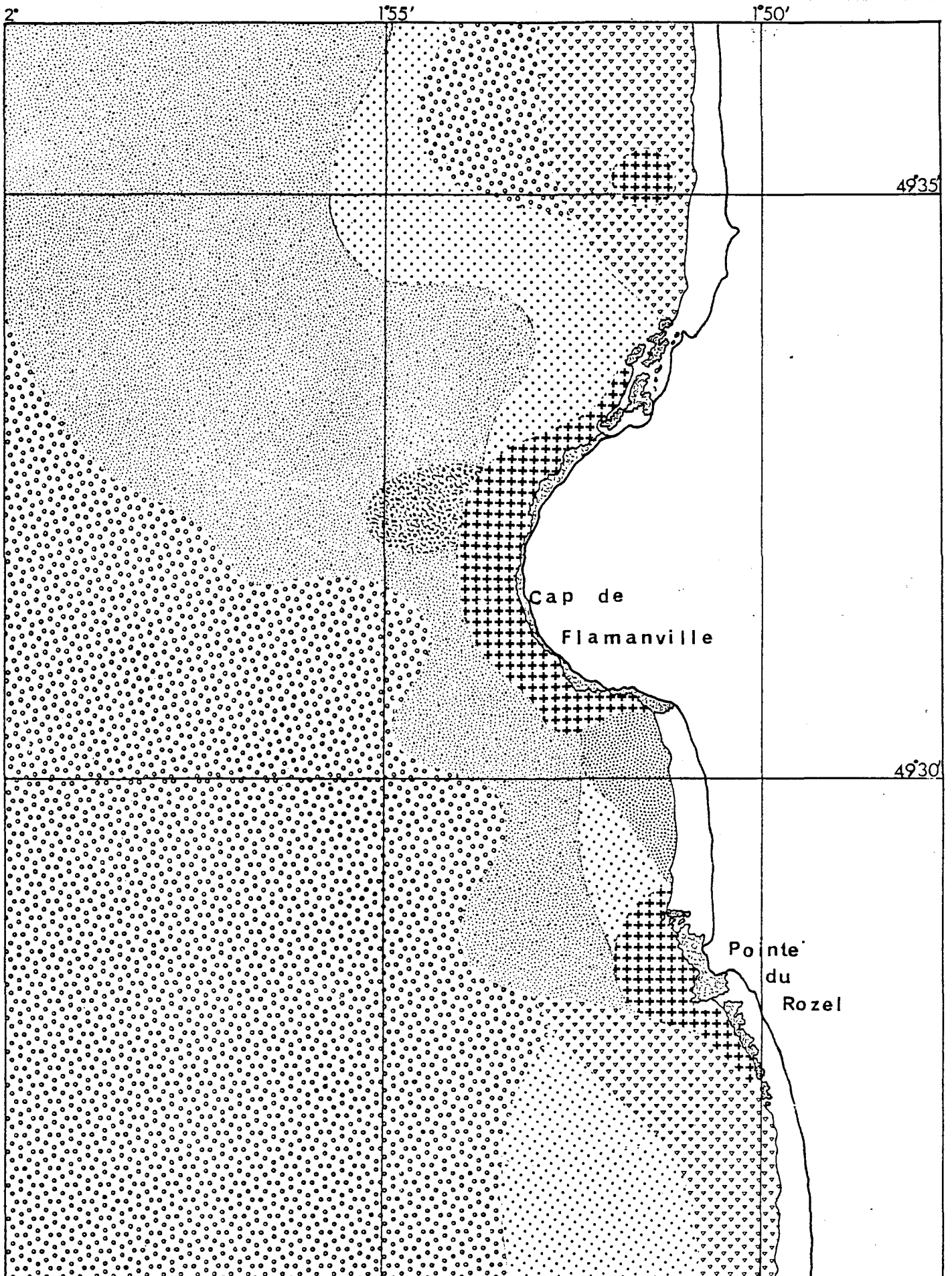









Fig. 2

Carte de distribution des peuplements benthiques sublittoraux (synthèse 1975-1976)

## LEGENDE

- 1 - Roche 
- 2 - Peuplement des fonds de cailloutis et graviers <sup>+</sup> ensablés
- Faciès à *Nucula nucleus*
  - endofaune dominante 
  - épifaune vagile dominante 
  - Faciès à *Pisidia longicornis* 
  - Faciès d'appauvrissement par ensablement 
- 3 - Peuplement des sables :
- Fins à moyens propres 
  - Fins à moyens envasés 

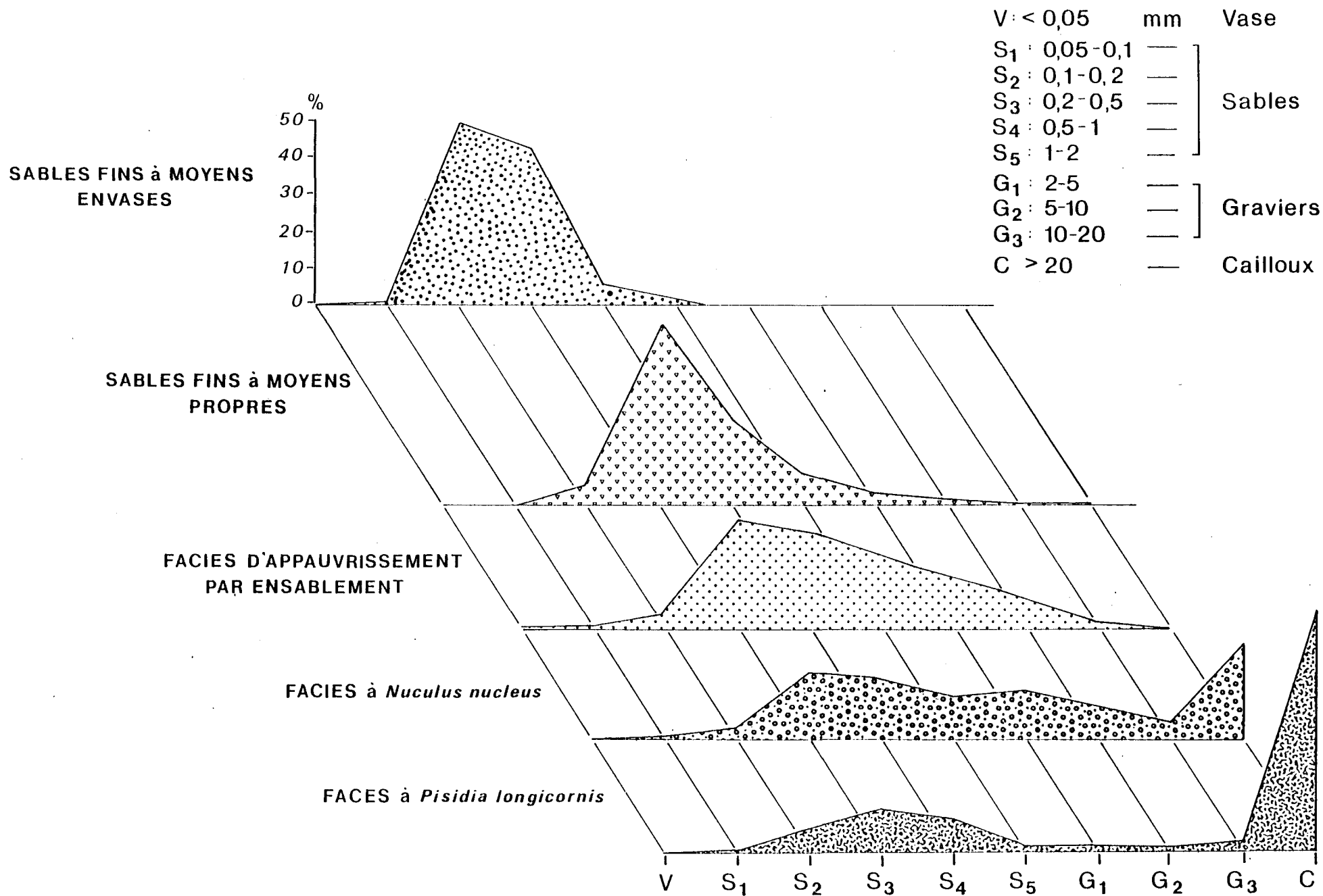


Fig 3 COURBES GRANULOMETRIQUES MOYENNES DES DIFFERENTS PEUPLEMENTS

- **Le peuplement des sables fins à moyens** prolonge en profondeur les plages sableuses du littoral, l'endofaune y est peu diversifiée et peu abondante (3 espèces, 3 individus). Toutefois, dans l'anse de Sciotot, un enrichissement du sédiment en particules fines permet l'installation d'une endofaune relativement riche et diversifiée (30 espèces, 170 individus).

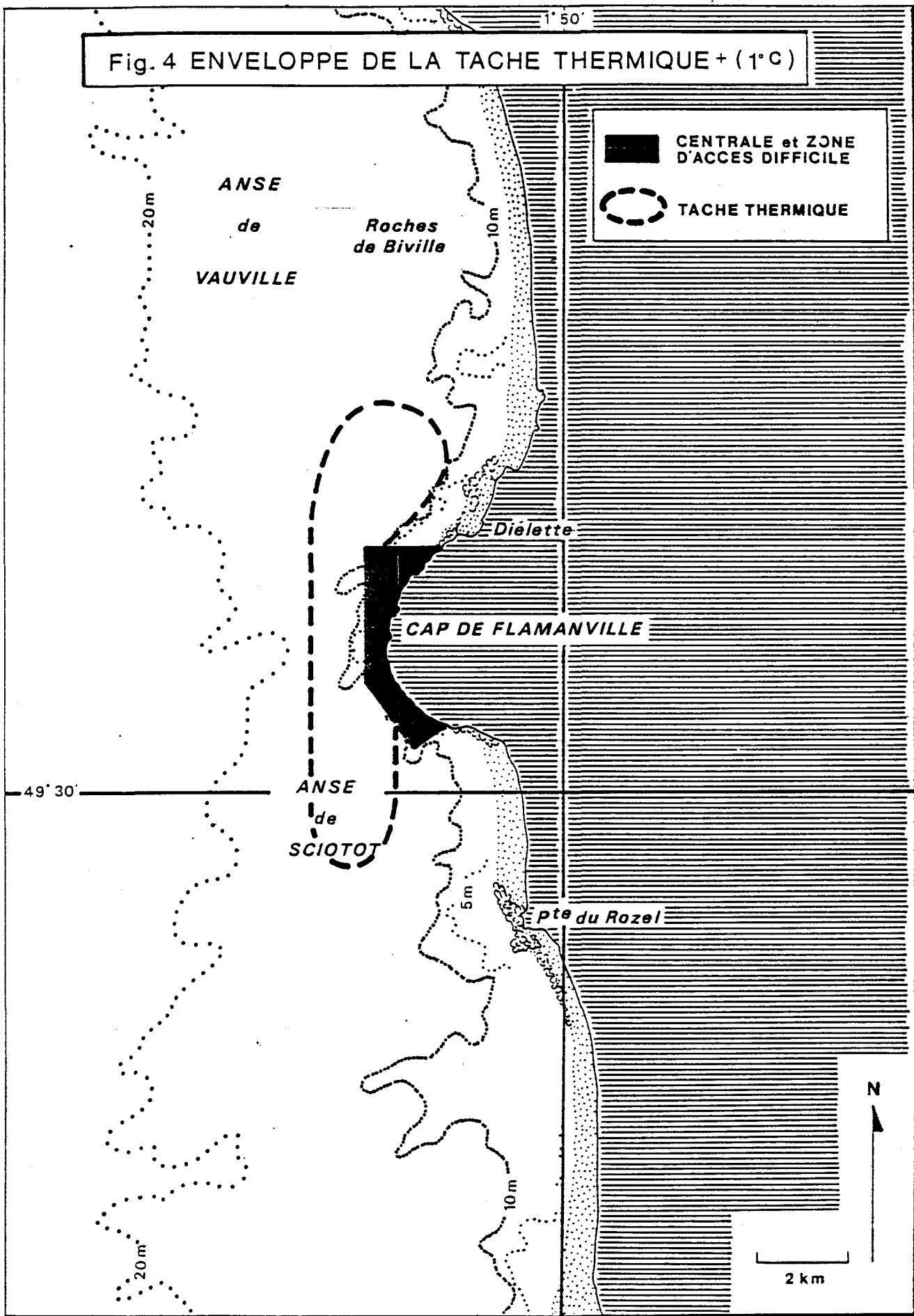
Différentes tentatives de prélèvement à l'aide d'engins ponctuels avaient permis de montrer que l'emploi de la benne Hamon était envisageable dans certains cas, mais que la variabilité spatiale était extrêmement forte, rendant très aléatoire les évaluations quantitatives.

Les premiers résultats obtenus sur ce site par l'emploi de la photographie sous-marine, au cours de la campagne ECOMANCHE (juillet 1979) et du sonar latéral, dans le cadre de l'étude du golfe normano-breton (juin et juillet 1983), bien que concernant des zones restreintes, laissent entrevoir l'intérêt de ces nouvelles techniques pour la compréhension de la distribution des espèces au niveau du fond ; intérêt particulièrement évident sur ce site en raison de l'hétérogénéité, de la non évidence des répartitions constatées et de l'absence totale de données sur les fonds rocheux. D'où la volonté de compléter l'état de référence, avant mise en service de la centrale, par l'obtention de données sonar latéral et prises de vues sous-marines, sur l'ensemble de la zone susceptible d'être concernée par la tache thermique 1°C (figure 4).

La responsabilité de l'acquisition des données sonar latéral a été confiée au département DERO/GM de l'IFREMER et le dépouillement au laboratoire de Géologie marine de l'Université de Caen.

D'autre part, les résultats concernant la mosaïque Nord, située au large de l'anse de Vauville, acquis au cours de l'étude golfe normano-breton ont fait l'objet d'une édition cartographique complétée par une notice explicative (AUFFRET et al., 1986) qui a été largement reprise dans ce rapport.

Fig. 4 ENVELOPPE DE LA TACHE THERMIQUE + (1°C)







\*Le poisson, équipé de deux antennes émettant latéralement des signaux de 105 KHZ de fréquence, à courte durée d'impulsion (0,1 ms) et à une cadence variable proportionnelle à la portée sélectionnée : cadence d'émission (en secondes) = 0.0015 fois à la portée (en mètres). Le lobe d'émission est étroit dans le plan horizontal (1,2°) et large de 20 ou 50° dans le plan vertical. En fait, l'utilisation des lobes secondaires élimine presque complètement la zone aveugle à la verticale du poisson, mais la résolution y est bien moindre. La portée choisie, compte tenu des faibles fonds du secteur, était de 100 m de part et d'autre du poisson.

\*L'enregistreur SMS 960 qui associe plusieurs fonctions :

- toutes les fonctions électroniques classiques : TVG, amplification, y compris la numérisation du signal,

- la détermination de l'altitude du poisson (détection d'un seuil) servant au calcul par microprocesseurs de la position réelle de chaque pixel de l'enregistrement (correction d'obliquité),

- la suppression du trajet des ondes acoustiques dans l'eau permettant de juxtaposer les voies gauche et droite,

- l'asservissement du défilement du papier à la vitesse du navire (correction de la compression),

- la visualisation des données ramenées dans un repère orthonormé par une table traçante numérique sur papier électro-sensible (16 niveaux de gris, 2048 pixels par ligne),

- l'entrée d'informations (date, vitesse, cap, position, n° profil ...) de façon manuelle (clavier) ou automatique (interface RS232). Ainsi le topage des enregistrements et la vitesse fond sont-ils transmis automatiquement du récepteur Syledis au SMS 960.

\*L'enregistreur magnétique Kennedy qui assure le stockage des données numériques, images non corrigées et paramètres de contrôle.

### 2.2.2. Travail à la mer

Les profils sont réalisés face au courant à la vitesse de 3 noeuds. Dans la mesure du possible, l'altitude du poisson a été maintenue supérieure à 10 mètres, pour permettre une portée effective de 100 mètres. L'espacement des profils était de 150 m, cela permettait un recouvrement des bandes de 50 %. Dans les conditions décrites, la taille d'un pixel (point élémentaire de l'image sonar), transversalement à la route, est de 1,60 m au centre de l'image et 12,6 cm au bord.

### 2.3. Prises de vue sous-marines

L'appareillage utilisé pour les prises de vues sous-marines est constitué :

- d'une part d'un ensemble flash-caméra (caméra benthos) prenant des clichés à intervalles réguliers (généralement d'une dizaine secondes). L'autonomie est d'environ 2 heures, soit près de 700 photos (noir et blanc ou couleur). Sur chaque photo figurent l'heure (heure, minute, seconde), le jour, ainsi que le numéro du film,

- d'autre part d'un système vidéo visualisant le même champ que la photographie, composé d'un projecteur et d'une caméra (Hydroproduct TC 125 SDA) reliée par câble à un moniteur situé au niveau de la passerelle. Ce système permet l'observation du fond en direct à partir du bateau ; un magnétoscope permet l'enregistrement sur bandes magnétiques (format Umatic) d'une durée de 20 ou 30 mm.

Le système de prises de vue peut être :

- soit fixé sur une "troïka" ce qui permet de visualiser un champ de superficie constante (environ 1 m<sup>2</sup>). Par rapport à la position bateau, la troïka se situe alors 30 à 40 m en arrière. Les traits sont réalisés face au courant, à la vitesse de 1 à 2 noeuds. L'espace entre deux prises de vues successives est alors de 6 à 12 m. L'emploi de ce système est extrêmement périlleux dans ce secteur, en raison de la force des courants, qui ne permet pas de réduire excessivement la vitesse de traction, et de la présence généralisée d'éperons rocheux.

- soit fixé sur "un bâti ponctuel", le déplacement s'opère alors en dérive, le bâti étant maintenu suspendu au-dessus du fond. L'observation instantanée de l'image vidéo permet de situer le bâti par rapport au fond ; cependant, la morphologie accidentée et les mouvements du bateau peuvent modifier le champ d'observation.

Malgré les difficultés d'utilisation, c'est la troïka qui a été généralement retenue sur l'ensemble du secteur, l'emploi du bâti étant restreint aux zones les plus accidentées au droit du cap de Flamanville.

### 3. BILAN DES CAMPAGNES A LA MER

En complément des campagnes ECOMANCHE et GOLFE NORMANO-BRETON déjà réalisées, 5 campagnes ont été programmées sur la zone en 1984 et 1985 (tableau 1). Les techniques mises en oeuvre exigent de bonnes conditions météorologiques et d'état de la mer, ainsi qu'une certaine transparence des eaux (photos). Ces contraintes générales sont renforcées localement en raison de l'hydrodynamisme intense qui règne dans ce secteur et de la nature des fonds. En septembre 1984 et en septembre 1985, le navire a dû être immobilisé sur zone en raison des intempéries ; en mai 1985, un arrêt du fonctionnement du flash, peu après la mise à l'eau, dû probablement à un choc contre un éperon rocheux isolé, a rendu inopérante l'acquisition des photographies couleur prévues lors de cette campagne. Toutefois, malgré ces difficultés, un nombre important de documents a pu être obtenu :

- 46 profils constituant 3 mosaïques et couvrant une superficie totale d'environ 2600 ha (figure 6) (la prospection avait été initialement prévue en radiales seulement). La mosaïque Nord couvrait une superficie de 1240 ha,

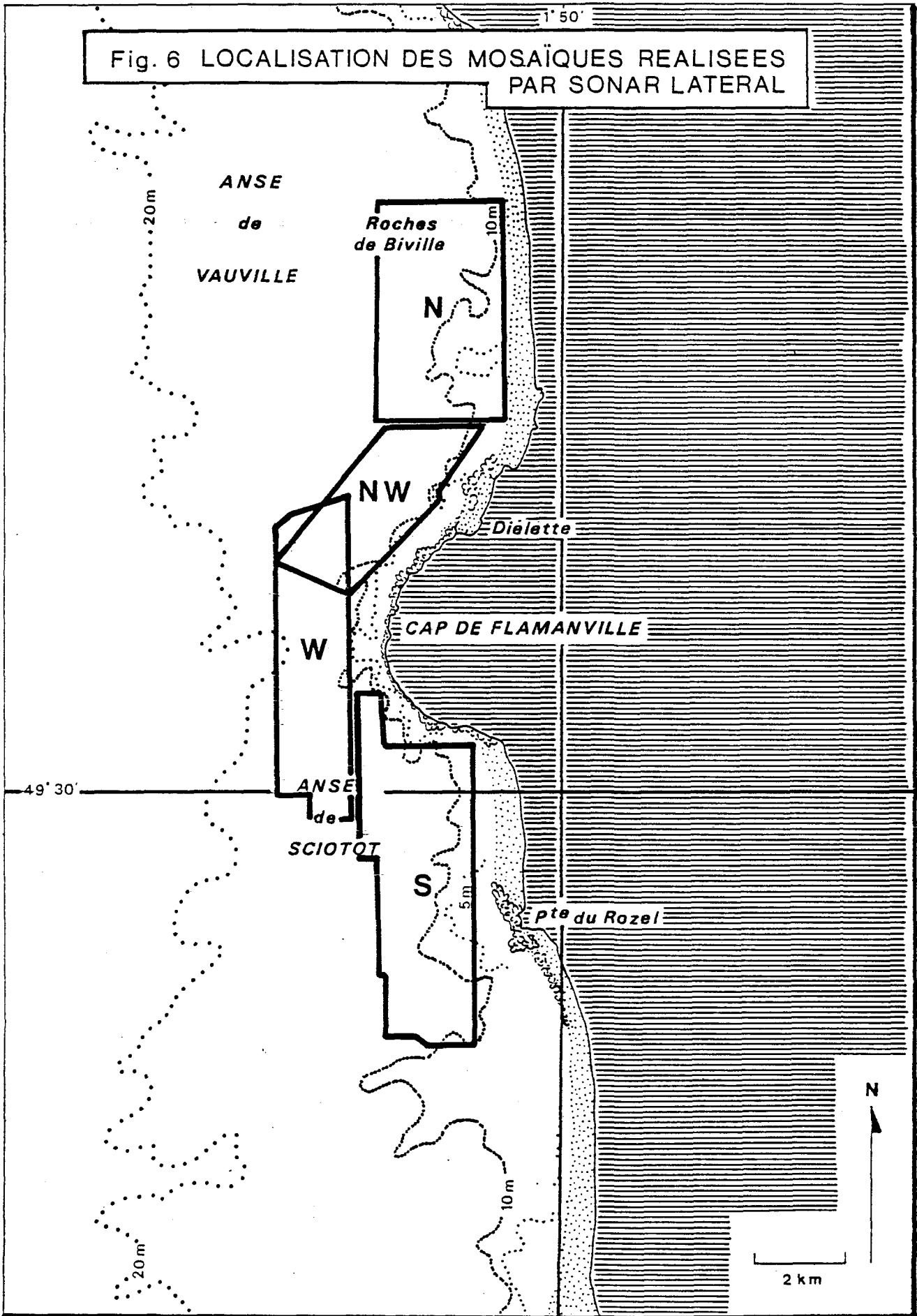
- en vidéo sous-marine, 38 traits ont été réalisés sur l'ensemble de la zone (figure 7), totalisant une durée d'enregistrement de plus de 7 heures pour un trajet de 15 km,

- en photographies sous-marines, 4 traits ont été effectués à proximité du cap de Flamanville, permettant l'obtention de plus de 500 photos couleur. A ces données se rajoutent environ 1500 photos noir et blanc acquises lors de la campagne ECOMANCHE.

Nom de la campagne	Date	Navire océanographique	Localisation	Sonar latéral	Prises de vues sous-marines				Remarques
					Type d'engin	Vidéo N et B	Photo N et B	Photo couleur	
ECOMANCHE (E.C.O.)	6/07/79	Cryos	Decca		Troïka	FL1 26,27,28	FL1 26,27,28		
G.N.B.	17/06/83 19/07/83	Thalia	Sylédis	Mosaïque Nord					
FLAMENCO (FLO)	4 au 7/06/84	Thalia	Sylédis	Mosaïque S, O et NW	Troïka	FLO 1 à 8		FLO 8	
FLAMANVILLE	20 au 22/9/84	Thalia	Sylédis						Immobilisation sur zone - intempéries
FLAMANVILLE 1 (FL1)	14 au 16/5/85	Thalia	Sylédis		Troïka	FL1 à 30			
FLAMANVILLE 2	2 au 4/09/85	Thalia	Sylédis						Immobilisation sur zone - intempéries
FLAMANVILLE 3 (FL3)	23-24/09/85	Pelagia	Trisponder		Bati et Troïka			FL3 1 et 2 FL3 3 et 4	

Tableau 1 : Calendrier des missions sonar latéral et prises de vues sous-marine - Site de Flamanville.

Fig. 6 LOCALISATION DES MOSAÏQUES REALISEES PAR SONAR LATÉRAL



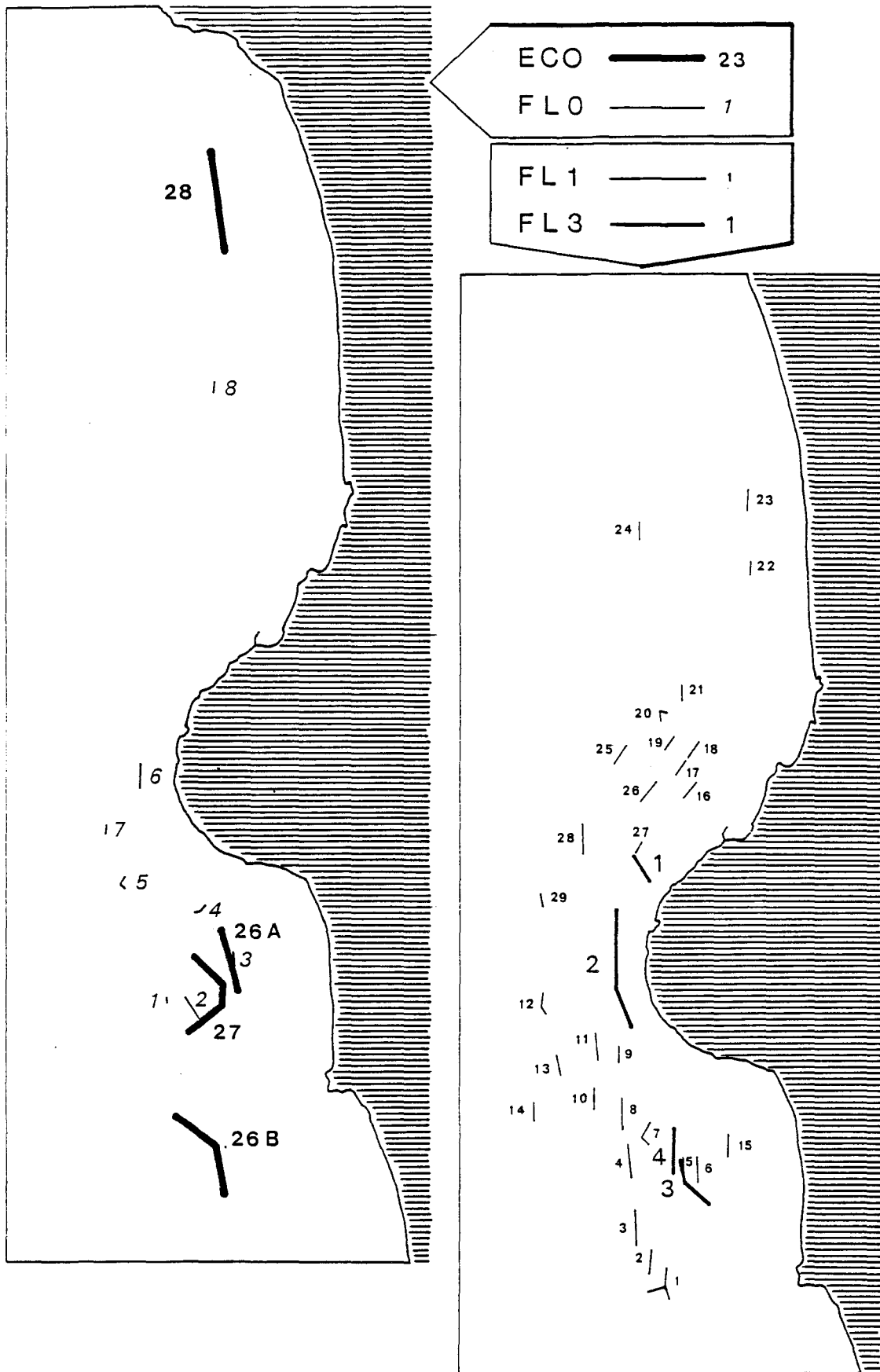


Fig.7 LOCALISATION DES PRISES DE VUES SOUS-MARINES

## 4. ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES

### 4.1. Sonar latéral

#### 4.1.1. Localisation

La navigation a été rejouée par le Service d'Assistance au Traitement des Données Océaniques de l'IFREMER/Brest. Le mode de représentation choisi est la projection Lambert 1 (Ellipsoïde de Clarke), l'échelle retenue est le 1/5000. Le découpage a été effectué suivant cinq cartes (figure 8), le tirage est réalisé sur transparent (cf. annexe : cartes sonar : trajets bateau).

#### 4.1.2. Montage cartographique

Sur la zone Nord un montage en mosaïque avait été réalisé au préalable : de manière à éliminer le décalage entre profils jointifs, l'ensemble des profils avait été rejoué en leur affectant une vitesse-fond donnée par la navigation traitée et en affectant un réglage de gain constant. Les bandes rejouées à l'échelle au 1/1000 ont été réduites photographiquement au 1/2500 et montées selon la méthode utilisée pour les images de télédétection aéroportée, en se calant sur un plan de navigation de même échelle. La mosaïque ainsi réalisée a été réduite au 1/5000 (anse de Vauville, mosaïque sonar latéral). Pour l'interprétation géologique, les images avaient dû être reprises au 1/1000.

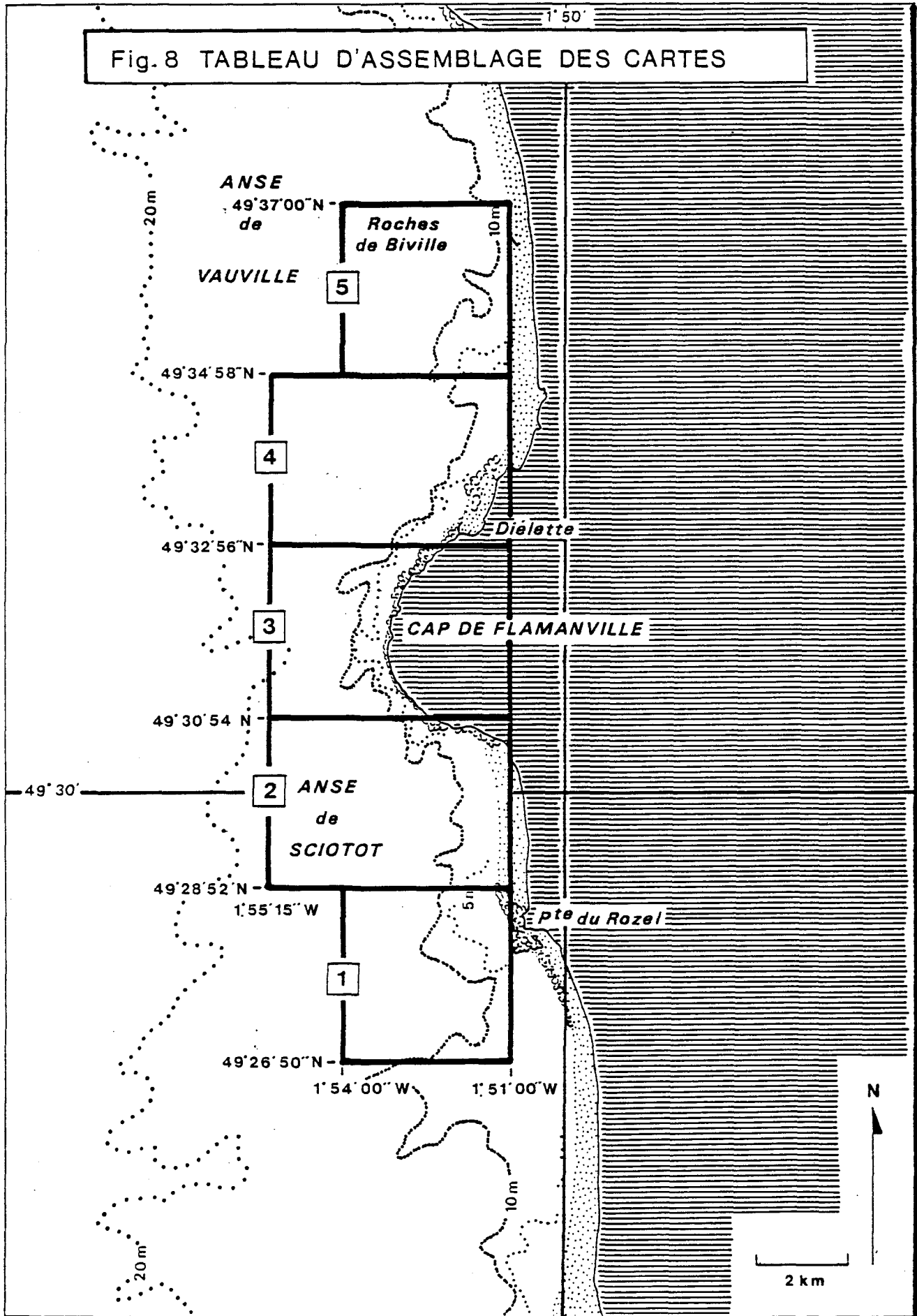
Sur les autres zones (S, W et NW), l'interprétation a été réalisée directement à partir des bandes originales et de leur réduction au 1/5000, en se calant sur le plan de navigation de même échelle.

Le choix d'une transcription cartographique conduit nécessairement à une certaine perte d'information au profit d'une plus grande clarté de l'ensemble.

**Limites de la méthode :** le matériel représentait un progrès spectaculaire par rapport aux anciens sonars, mais il ne permettait pas de s'affranchir de toutes les déformations ou imprécisions :

- la correction d'obliquité des rayons est réalisée en supposant le fond plan et horizontal,

Fig. 8 TABLEAU D'ASSEMBLAGE DES CARTES





- les mouvements des poissons, roulis, tangage, lacets, ne sont corrigés par aucun capteur d'attitude,

- la position du poisson est généralement déterminée en appliquant un offset à la position-bateau. Cet offset est calculé assez précisément à partir d'un "amer", mais la méthode n'est valable qu'en l'absence de dérive due au courant (20 à 30 m en moyenne),

- la dérive due au courant provoque non seulement une erreur sur la position du poisson, mais également une rotation de l'image. En l'absence d'un enregistrement du cap-poisson, cette déformation est difficile à supprimer.

En cumulant les différentes causes d'erreur, on peut considérer que l'erreur absolue sur la position d'un "objet" est inférieure à 50 m.

Les cartes "nature des fonds et figures sédimentaires" (cf. annexe) sont établies suivant la présentation évoquée au paragraphe précédent.

La mosaïque Nord qui a déjà fait l'objet d'une édition couleur "anse de Vauville et Dynamique sédimentaire" n'a pas été reprise.

#### 4.1.3. Définition des faciès acoustiques et problèmes d'interprétation

En raison de la stratégie d'exploration retenue, les enregistrements permettent au mieux la perception des objets ponctuels de taille supérieure à 0,5 m, qui présentent un contraste suffisant par rapport à leur environnement.

La reconnaissance des sédiments superficiels est basée sur la transcription, sur les échogrammes, de leur coefficient de rétrodiffusion par une gamme de gris. La rétrodiffusion des sédiments s'accroît parallèlement à leur granulométrie et elle est traduite, si les réglages d'amplification restent constants, par des surfaces claires pour les sédiments fins (vases et sables fins), et des surfaces plus sombres, grises, pour les sédiments hétérogènes sablo-graveleux, allant jusqu'au noir pour les graviers et les cailloutis.

La mesure de la relation quantitative entre le signal rétrodiffusé et la granulométrie des sédiments n'est pas maîtrisée actuellement. L'interprétation des échogrammes doit donc être étalonnée "en relatif" par un prélèvement d'échantillons s'ils sont homogènes et des prises de vues ponctuelles ou vidéo s'ils sont hétérogènes. Les sédiments dont l'état de surface est structuré par une activité biologique, c'est le cas des sables à lanices ici, ont également été reconnus par prises de vues et d'échantillons.

Ces données corrélées, il devient possible de proposer pour ce lieu et le réglage d'amplification utilisé les règles principales que nous avons retenues pour la transcription cartographique des faciès acoustiques. On distingue :

#### 4.1.3.1. Les surfaces à très forts contrastes de rétrodiffusion

Du blanc au noir. Ces contrastes sont attribuables à l'illumination oblique des reliefs rocheux, qui crée une alternance de surfaces réfléchissantes (en relief et tournée vers la source) et de surface "à ombre portée" de ces reliefs et donc non atteintes par le signal. La stratification et la tectonique, qui organisent ces échos en rubans sinueux recoupés de linéations, sont un élément déterminant de la reconnaissance des roches.

#### 4.1.3.2. Les surfaces à forte rétrodiffusion

Elles sont très sombres, à fond noir sur lequel des nuances de gris créent les contrastes. Elles sont attribuées aux sédiments grossiers : cailloutis et graviers principalement. Deux aspects sont reconnaissables :

- forte rétrodiffusion hétérogène (noir et gris). Cette hétérogénéité est attribuable aux microreliefs du fond portant un pavage superficiel par les éléments grossiers (cailloutis et blocs) du sédiment et contrastant avec un piégeage diffus de surfaces sableuses. Ce piégeage est d'origine soit mécanique, dans les dépressions où contre les obstacles, soit biologique et provoqué par les populations denses de lanices. La structuration en mégarides de ces fonds grossiers est également un facteur d'hétérogénéité,

- forte rétrodiffusion homogène : ces fonds sont transcrits en noir à gris sombre et représentent des surfaces de cailloutis, graviers et graviers sableux. Des mégarides peuvent introduire un facteur d'hétérogénéité de relief qui n'a pas été retenu en cartographie afin de privilégier les contrastes sédimentaires.

#### 4.1.3.3. Les surfaces à faible rétrodiffusion

Fonds de gris clair à blanc sur lesquels des nuances grises traduisent les contrastes. Elles sont attribuables aux sédiments fins : des sables ici. Plusieurs aspects sont reconnaissables :

- faible rétrodiffusion homogène : l'enregistrement est gris clair à blanc et représente des sables moyens à fins que l'on observe piégés contre des reliefs, ou rassemblés en rubans ou en bancs par la dynamique sédimentaire,

- faible rétrodiffusion hétérogène : leur hétérogénéité peut avoir également plusieurs origines.

Si la surface porte des figures sédimentaires, c'est leur relief qui est exprimé par les contrastes en gris, ou encore les ségrégations granulométriques accompagnant ces structures. C'est le cas des mégarides de sables que l'on reconnaîtra aux rythmes de leur géométrie.

L'hétérogénéité peut avoir une origine biologique, les piègeages par les lanices créent des formes en taches aux contours irréguliers et festonnés, légèrement en relief par rapport aux sédiments environnants et dont la surface est irrégulièrement bosselée.

## 4.2. Prises de vues sous-marines

### 4.2.1. Localisation

Le jeu et le mode de représentation sont identiques aux données de navigation sonar. Sur ces deux documents figurent également : la localisation des stations de dragages (études d'avant-projet et de projet), l'emprise au sol de la centrale et l'emplacement des points de rejet.

Dans la zone proche du site, les isobathes ont été également reportés schématiquement d'après l'agrandissement photographique de la carte SHOM "Abords de Dielettes" au 1/15000 (la projection étant toutefois différente, le report n'est qu'approximatif). Le tirage est effectué sur transparent (cf. annexe "prises de vues sous-marines : trajet bateau").

#### 4.2.2. Analyse des prises de vue

Chaque trait photo ou vidéo réalisé a fait l'objet d'une fiche où sont indiqués :

- les numéros de la campagne en code (FLO...),
- le numéro de trait à l'intérieur de la campagne auquel on rajoute éventuellement une notation alphabétique en cas de stockage fractionné de l'information,
- la date, l'indication horaire (heure, minute, seconde) figurant sur chaque prise de vue,
- le type d'engin utilisé : Troïka ou Bati ponctuel,
- le type de prise de vue : vidéo, photographie noir et blanc ou couleur,
- le type de support utilisé avec sa numérotation (cassette n° ),
- la durée d'enregistrement ou le nombre de photos,
- la qualité technique générale,
- l'orientation du trait, la direction et la vitesse des courants,
- une description générale du trait (sédiment rencontré, figures sédimentaires, observations floristiques ou faunistiques de surface),
- une description détaillée des séquences successives observées - Etablissement d'une cotation de 0 à 5 pour les peuplements de lanices.

En ce qui concerne plus particulièrement les traits photographies couleurs, une analyse vue par vue a été également réalisée où sont pris en compte :

- la qualité de la photo (2 bonne, 1 médiocre, 0 nulle),
- la surface  $1 = 1 \text{ m}^2$  (constante pour la troïka),
- le type de substrat en spécifiant les proportions observées : sables, graviers, cailloutis, roche, ainsi que les figures sédimentaires (ripple marks),

- le taux de colonisation (observable) des substrats durs, en spécifiant :

- . pour les algues : laminariales, phéophycées, rhodophycées non encroûtantes, rhodophycées encroûtantes,
- . pour la faune : hydraires ou bryozoaires dressés, cirripèdes, ascidies, actiniaires,

- la présence ou non de Lanice conchilega sur les sédiments meubles (cotation : 0, nulle à 5 maximum),

- la présence occasionnelle d'individus identifiables de la macrofaune benthique, principalement des échinodermes (stellaridés) et des crustacés (pagures, tourteaux, araignées) ainsi que les poissons.

L'un des objectifs de ces prises de vues est de constituer une archive avant mise en service de la centrale, ceci dans un but de comparaison ultérieure.

L'analyse systématique des photographies couleur s'est toutefois révélée d'un intérêt relativement limité, en comparaison de ce qui a pu être obtenu sur d'autres sites (cf. étude de projet du site de Plogoff, 1987) et ceci pour différentes raisons :

- qualité généralement moins bonne des images (difficultés techniques de prises de vues, moins bonne transparence des eaux),
- extension géographique trop restreinte,
- peu d'identifications possibles du fait de la nature même des faciès en place : peu ou pas de macroalgues, pratiquement pas de macrofaune vagile de grande taille, épifaune constituée d'un tapis de bryozoaires et d'hydraires difficiles à caractériser.

La pratique du dépouillement des photographies couleurs a permis toutefois d'identifier un certain nombre de détails qui ont pu être reconnus par la suite par les films noir et blanc ou même vidéo ; détails qui n'auraient pu être interprétés correctement sans l'aide préalable de la photographie couleur.

Les documents vidéo, recueillis sur l'ensemble du site, ont apporté (malgré la présence d'un halo sur un certain nombre de films, dû à l'extrême sensibilité de la caméra, et ceci même en lumière naturelle) de nombreuses informations permettant d'une part d'aider à l'interprétation

des bandes sonar tant en ce qui concerne la nature des sédiments que les figures sédimentaires (ripple marks) ou les faciès d'origine biologique. D'autre part, de compléter la description par des observations floristiques et faunistiques de surface (en particulier pour les fonds rocheux).

#### 4.3. Estimation des surfaces

Le calcul des surfaces des principaux faciès identifiés a été effectué à partir de la carte établie au 1/5000 sur table à digitaliser (système Hipad) à l'aide d'un calculateur zilog.

#### 5. NATURE DES FONDS : ASPECTS DE SURFACE

Le tableau 2 indique les superficies et les proportions respectives des principaux faciès identifiés sur les mosaïques Nord-Ouest, Ouest et Sud.

	surface (ha)	%
Roche	1019	39,2
Sédiment grossier homogène	975	37,5
Sédiment grossier hétérogène	211	8,1
Sédiment à <u>Lanice conchilega</u>	101	3,9
Sables moyens	231	8,9
Sables fins	65	2,5
<b>Total</b>	<b>2600</b>	

Tableau 2 : Estimation des superficies des principaux faciès.

### 5.1. Les fonds rocheux

Les fonds rocheux ont pu être aisément identifiés et cartographiés avec l'aide du sonar latéral ; ils représentent près de 40 % de l'aire explorée : ils sont représentés non seulement à proximité des caps (Flamanville, Rozel) et sur les hauts fonds (situés principalement dans l'anse de Vauville), mais ils affleurent également beaucoup plus au large sur l'ensemble du secteur.

Ils se présentent sous des aspects morphologiques divers en relation avec la nature géologique de la roche et les contraintes liées au métamorphisme : platiers étendus (FL1-9, FL1-28), éperons ou blocs épars (FL1-23, FL1-6), dalles ou arêtes dressées, entrecoupées de passes sableuses (particulièrement au Nord du cap de Flamanville : FL1-20, FL1-27). L'élévation est généralement d'ordre métrique. Les caractéristiques liées à la colonisation de surface n'ont pu être précisées que ponctuellement à l'aide des prises de vues sous-marines.

#### 5.1.1. Analyse structurale

La stratification du socle armoricain submergé au large de Flamanville est établie au vu des coupes lithologiques réalisées à terre mais surtout en fonction de l'analyse des prélèvements (carottes effectuées au long du secteur étudié).

Ainsi le cambrien affleure-t-il au large du Rozel, sous un faciès de siltites verdâtres. Cette formation des "schistes et grès du Rozel" plonge, à l'Ouest, sous les barres gréseuses ordoviciennes dont la direction atteste d'une voussuration kilométrique des strates et qui sont limitées, au Sud, par l'accident du Rozel et au Nord par un accident Nord-Ouest/Sud-Est tangent à la bordure du granite;

les ampelites siluriennes, reconnues dans l'auréole thermométamorphique au Sud de la granodiorite (platier rocheux de la Percaillerie) n'ont pu être cartographiées.

La grande majorité du substrat rocheux présente un âge dévonien. Il s'agit, au Nord-Ouest, du granite, des "grès à platyorthis monnieri" d'âge gédinien, véritable écaille coincée entre deux accidents varisques.

Au Nord et au Sud de ces faciès affleurent les "schistes et calcaires de Néhou", datés Siegénien. Cette formation est également reconnue au Sud de l'accident du Rozel. Au coeur de la zone axiale du synclinorium de Siouville apparaît l'assise des "schistes de Pont-aux-Boucher" d'âge Siegénien également.

Quant à la structuration du synclinal de Siouville, elle obéit à deux paramètres essentiels qui sont : une phase de plissement synschisteuse et synmétamorphe (zone de la chlorite) et l'intrusion, au flanc Sud du synclinal, de la granodiorite de Flamanville.

Les plis liés au premier évènement présentent un axe orienté N 70 et s'ils sont serrés et bien développés au Nord de la carte, ils disparaissent au Sud au profit d'une voussuration anticlinale de grande amplitude. Les plis liés à l'intrusion plutonique sont essentiellement localisés à l'auréole thermo métamorphique continentale, même si quelques structures peuvent être dépistées à l'Ouest du cap de Flamanville.

#### 5.1.2. Les différents faciès de colonisation

La colonisation de la roche est fonction, essentiellement, de l'hydrodynamisme, de la mobilisation des éléments meubles situés à proximité et, pour les végétaux, de la lumière (en relation directe avec la bathymétrie).

##### 5.1.2.1. Les algues

De manière générale, la couverture algale est extrêmement réduite. Très peu de phéophycées ont été observées en place ; seules les laminaires forment de véritables peuplements mais leur extension est restreinte : hauts fonds à proximité immédiate du cap de Flamanville (films FL3-2), basses situés dans l'anse de Vauville (FL1-22).

Les rhodophycées (non encroûtantes) sont mieux représentées, elles restent toutefois limitées aux fonds peu profonds (< 15 m) : périphérie immédiate du cap de Flamanville (FL3-1 et FL-2), blocs rocheux épars dans l'anse de Sciotot (FL1-6) et l'anse de Vauville (FL1-23) mais surtout sur



les barres rocheuses situées au Nord du cap de Flamanville (FL1-16, 18, 21, 27 ...). Elles sont pratiquement absentes de tous les platiers rocheux plus profonds (FL1-9, 13, 14, 28, 29 ...).

Les algues encroûtantes sont plus difficiles à distinguer, elles ne peuvent être observées que sur les documents couleur, la colonisation semble toutefois relativement faible, même par petit fond (traits FL3).

#### 5.1.2.2. La faune

La roche est le plus souvent colonisée par une formation complexe où se mêlent actiniaires, hydriaires, bryozoaires et ascidies. La caractérisation de faciès éventuel s'est avérée délicate en raison du faible développement de ces espèces, rendant difficile leur identification sur document photographique ou vidéo. Seules quelques espèces de grande taille (*Flustre*, *Némertesia*) peuvent être occasionnellement reconnues. Toutefois un faciès à ascidies (*Distomus variolosus* et/ou *Dendrodoa grossularia*) a pu être identifié, il se développe particulièrement dans l'anse de Sciottot (FL3-3 et 4, ECO-27) sur les blocs rocheux dans un secteur où une fraction importante de matériel sableux est mobilisé (présence de nombreuses trainées sableuses). Les cirripèdes colonisent les galets et cailloutis à proximité immédiate du cap (FL3-1 et 2), mais semblent peu représentés sur le sédiment grossier homogène en général.

### 5.2. Les sédiments superficiels

Les sédiments ne recouvrent que très partiellement le substrat rocheux et les galets, graviers, sables grossiers sont les classes granulométriques les plus représentées.

Les sables constituent une phase sédimentaire mobile sous l'action des courants de marée et peuvent former des figures sédimentaires ou être fixés par des annélides qui piègent des particules entre leurs tubes et retiennent ainsi le sédiment dans des zones où tout édifice sableux serait normalement détruit.

Ces caractères du milieu reflètent l'intensité des actions hydrodynamiques qui s'exercent dans ce secteur (côte largement ouverte aux houles de secteur Ouest, violents courants de marée) et ils sont à l'origine de l'hétérogénéité granulométrique marquée des sédiments et des passages brutaux d'un faciès à l'autre.

### 5.2.1. Les sédiments grossiers (sables grossiers, graviers, galets)

#### 5.2.1.1. Les sédiments grossiers homogènes

Ce sont les matériaux du large ; ils correspondent aux nappes de cailloutis décrites par BOILLOT G. (1964). Ils proviennent d'un lessivage par la transgression holocène des formations superficielles issues de l'érosion des roches sous climat périglaciaire. Ils recouvrent de larges surfaces dans le golfe normano-breton (VALET D. et al., 1978).

Sur le site ils couvrent plus du tiers de la surface et composent plus de 60 % du substrat meuble. Ils forment une couverture discontinue sur le substrat rocheux ; on les retrouve en grandes étendues à l'Ouest du cap et au large ainsi qu'à la périphérie immédiate des caps dans les grands couloirs de fracturation qui affectent les affleurements. Ils s'enrichissent en blocs à proximité des affleurements rocheux.

Les prises de vues réalisées sur ce type de fond n'ont pas permis l'observation de macrofaune, seule la présence de cirripèdes à été mentionnée à proximité immédiate du cap de Flamanville.

#### 5.2.1.2. Les sédiments grossiers hétérogènes

Situés à proximité de la côte, dans les baies, ils représentent l'addition de nouvelles phases sédimentaires à celles décrites pour le sédiment du large, en particulier des sables. Les sables sont dépourvus de macrofaune de surface, les blocs sont colonisés essentiellement par des ascidies (cf. § 5.1.2.2.).

### 5.2.2. Les sables

#### 5.2.2.1. Les sables moyens

Ce sont des sables dont la moyenne granulométrique est de 0,45 mm, contenant 30 % environ de carbonates d'origine bioclastique. Ils sont représentés à la côte dans le prolongement des plages sableuses.

Plus au large, ils sont instables et forment des figures sédimentaires telles que rubans, trainées, constituent des barres sableuses ou s'accumulent dans des dépressions ainsi qu'au pied des barres rocheuses (Ouest de Dielette).

Ces sables sont généralement dépourvus de macrofaune de surface, seuls émergent, sur le ruban sableux à proximité du cap du Rozel, des hydraires fixés selon toute vraisemblance sur la dalle sous-jacente.

#### 5.2.2.2. Les sables fins

Ce sont des sables plus fins contenant une faible fraction pélitique localisés dans l'anse de Sciotot.

#### 5.2.2.3. Les sédiments ensablés à *Lanice conchilega*

*Lanice conchilega* a fait l'objet d'une étude bibliographique (BLANCHARD et al., 1985). Ce sont des annélides polychètes tubicoles qui vivent dans un tube en U membraneux de 30 cm de longueur environ, recouvert de particules gravelo-sableuses. L'animal est enfoui dans le sédiment et seule l'extrémité supérieure du tube, couronnée par un panache sableux, dépasse à la surface du fond marin (figures 9 et 10). Il s'implante sur les substrats meubles grossiers et peut atteindre de fortes densités qui modifient alors le milieu : d'une part en stabilisant le sédiment grâce aux tubes rigides et, d'autre part, en modifiant l'orientation des courants et leur puissance au ras du fond. Le ralentissement du courant favorise ainsi le dépôt des particules les plus fines.

Il se forme alors des constructions biosédimentaires en buttes qui s'élèvent de quelques dizaines de centimètres au-dessus du fond, elles sont constituées de sable de diamètre moyen 0,2 à 0,3 mm avec 35 % de carbonates.

Le fait que le milieu soit ainsi stabilisé et enrichi en particules fines favorise l'installation de toute une faune associée ; il en résulte une très forte augmentation à la fois du nombre d'espèces, du nombre d'individus et de la biomasse par rapport aux zones environnantes.

Les communautés à *Lanice conchilega* sont considérées comme étant extrêmement productives. Cette prolifération locale de *Lanice conchilega* a été observée à la côte dans l'ensemble du golfe normano-breton (cf. Etude régionale intégrée du golfe normano-breton). Les zones de fortes concentrations peuvent se maintenir plusieurs années ou disparaître très rapidement. Le résultat des différentes campagnes sonar latéral et prises de vues semble montrer une certaine concordance dans les observations et une relative stabilité.

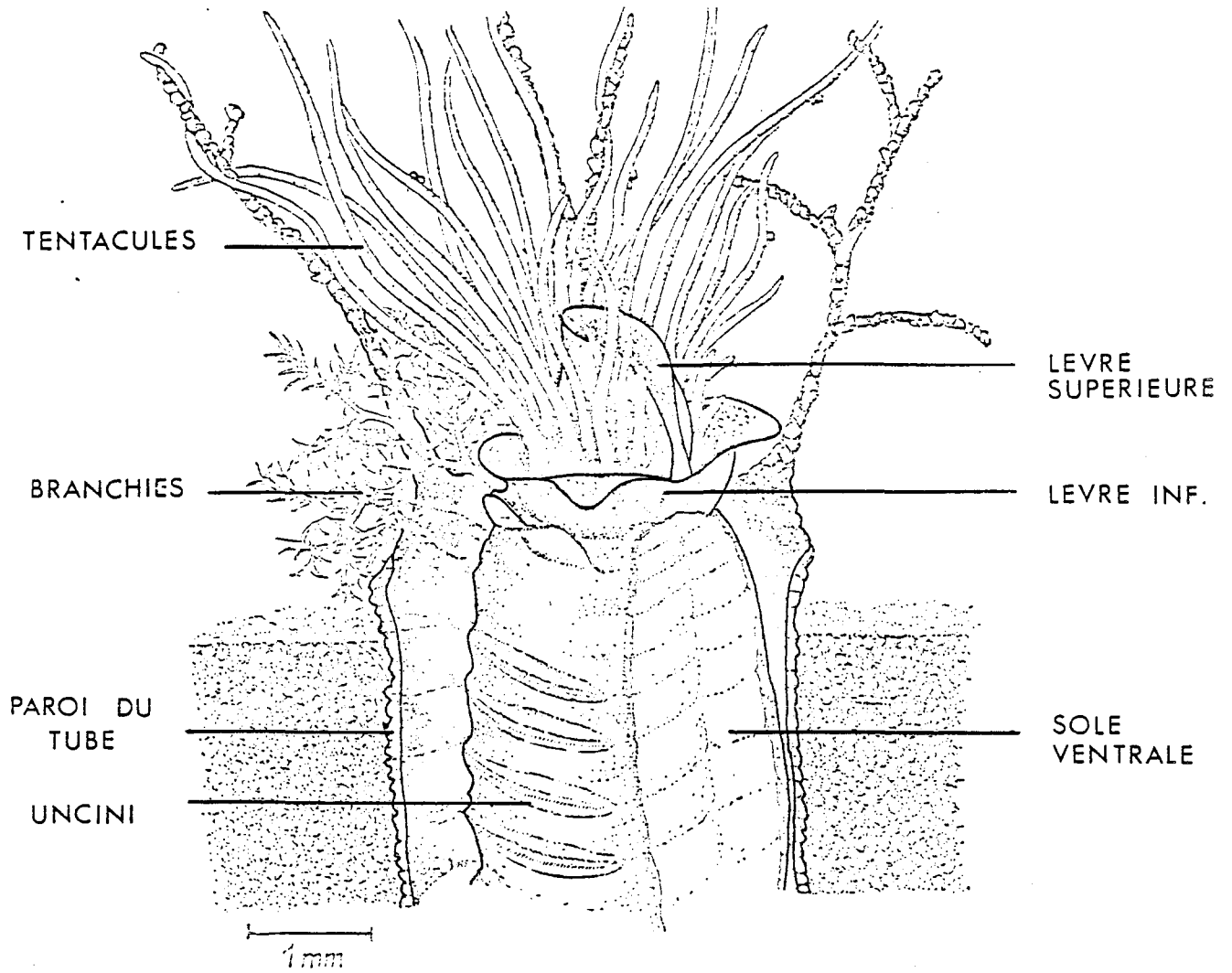


Figure 9 : *Lanice conchilega* dans son tube (vue latéro-ventrale)  
(SEILACHER, 1951).

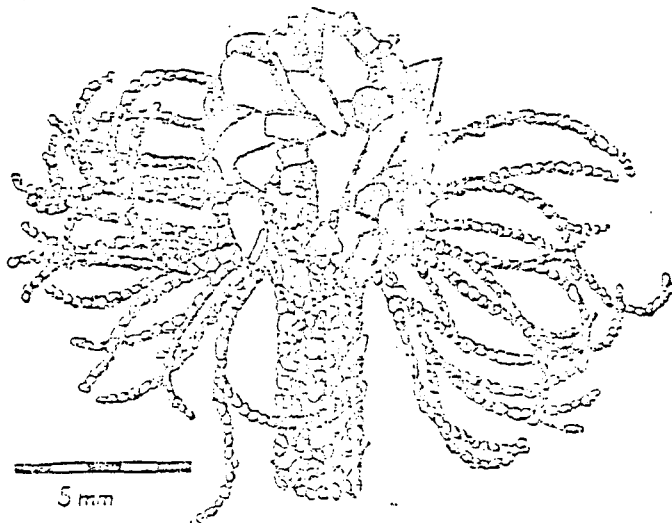


Figure 10 : Aspects  
du panache sableux et  
du tube (SEILACHER,  
1951).

Au sonar latéral seules les zones de forte densité sont identifiées en tant que telles (cotation 3 à 5). Les informations concernant les zones de faible densité sont issues des informations photo ou vidéo.

Ce peuplement est bien développé sur les sédiments graveleux proches de la côte ; il occupe 4 % de la surface. Lorsque le flux charrié devient important (ruban de sable), les lanices ne peuvent plus s'implanter en raison probablement de la mobilité du substrat et de son pouvoir érosif. Il est totalement absent plus au large.

Les observations photo et vidéo montrent une nette augmentation de la fréquence d'observation des paguridés et stellaridés, ainsi que des poissons sur ce type de fond.

### 5.2.3. Les figures sédimentaires

Les directions et le sens de transport des sédiments peuvent être déterminés par l'étude des figures sédimentaires parallèles au sens de transit (ou longitudinales) ou transverses par rapport à celui-ci.

#### 5.2.3.1. Les figures longitudinales

Certaines de ces figures correspondent à des accumulations de sédiment orientées suivant les directions des courants dominants : rubans de sable, trainées. D'autres ont, au contraire, pour origine l'érosion du substrat sableux mobile : queues de comètes.

Les **rubans sableux** sont relativement épais et des mégarides transverses apparaissent à leur surface. Ils sont significatifs d'un volume important de sédiment en transit (KENYON, 1970).

Un ruban sableux bien développé contourne la plateforme sous-marine des roches du Rozel pour s'affiner vers le Nord jusqu'à l'Ouest du cap de Flamanville.

Les **trainées sableuses** sont des structures très allongées, peu épaisses, de sables moyens ou fins reposant sur un substrat grossier (FLEMMING, 1980). Elles sont parfois déviées par les barres rocheuses transverses au transit ou guidées par les structures géologiques dont les directions avoisinent celles des écoulements moteurs des flux de charriage. Elles se répartissent essentiellement sur une vaste étendue dans l'anse de Sciotot.

Les **queues de comètes** sont des sillons sombres, formés à l'aval d'un bloc rocheux par érosion, sous l'action de courants turbulents divergents, d'une couverture sableuse peu épaisse. Cette érosion met à l'affleurement le substrat grossier sous-jacent. Leur allongement est parallèle aux directions principales des courants.

#### 5.2.3.2. Les figures transversales aux courants

Seuls les sables moyens ou fins sont mobilisés par les courants de marée (vitesse maximale : 2 m/s). Ces figures transverses apparaissent donc sur les rubans et les barres sableuses. Elles présentent une grande diversité de taille et de forme, et peuvent être classées en deux catégories dont la limite n'est pas toujours très bien définie.

Les **mégarides** (REINECK et SINGH, 1980) : ce sont des rides dont la longueur d'onde généralement métrique peut atteindre parfois une vingtaine de mètres. Leur amplitude est inférieure à 1 m et elles présentent souvent une dissymétrie significative du sens du transit. Dans les zones où la contrainte horizontale sur le fond est la plus faible, elles sont rectilignes et disposées régulièrement suivant une orientation N 130 au Nord du cap de Flamanville et N 70 au Sud de ce cap avec une longueur d'onde de 5 à 6 m environ. Lorsque la couverture sableuse est peu épaisse, elles laissent apparaître entre-elles les sédiments grossiers sous-jacents.

Les flancs et la crête sont souvent couverts de ripples de dimension trop faible pour être détectés au sonar latéral, mais qui peuvent être observés par prises de vues sous-marines et qui sont liés au courant instantané.

Les **ridins** : ils ont généralement plus d'un mètre d'amplitude et leur longueur d'onde est supérieure à 20 m. Leurs flancs, souvent dissymétriques, présentent des mégarides et leur crête est étroite ou légèrement sinueuse. Les sédiments sablo-graveleux affleurent fréquemment dans les creux interdunaires au pied des pentes les plus raides. Ils constituent des barres sableuses au Sud du cap du Rozel et dans l'anse de Vauville.

### 5.2.3.3. Les mégarides de houles

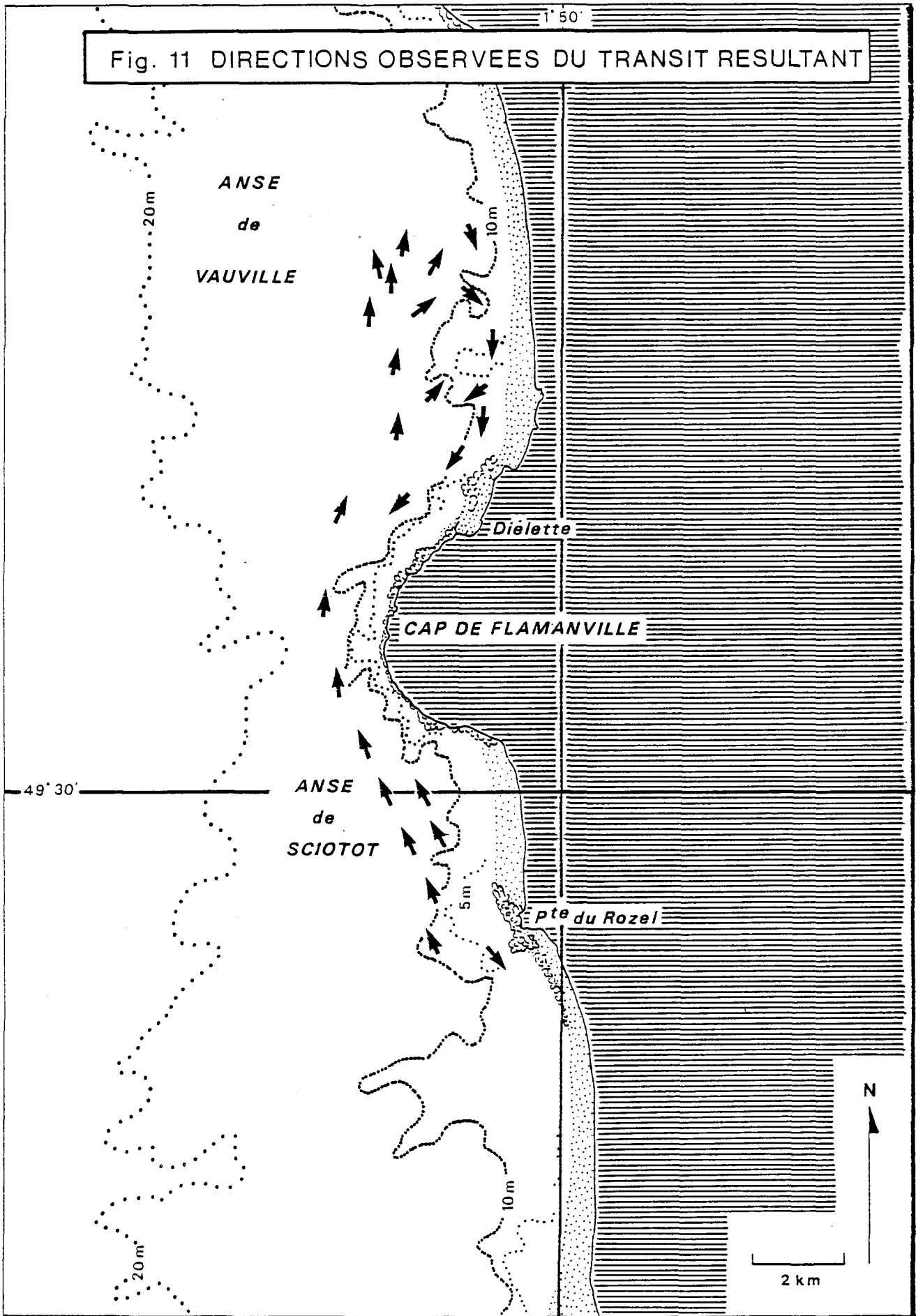
Des mégarides, symétriques ou peu dissymétriques de 1 à 3 m de longueur d'onde et, dont les crêtes de direction générale Nord-Sud sont peu anastomosées ont été observées sur les zones de sédiments grossiers dominants. Leur élévation, estimée à l'aide de la vidéo, est de 20 à 30 cm. Ces sédiments graveleux peuvent être déplacés dans des conditions exceptionnelles (amplitude de la houle annuelle : 6,6 m).

Les mégarides peuvent disparaître localement sous un recouvrement de sables plus fins apportés par les courants. Au nord de l'anse de Sciottot on observe une succession remarquable de couloirs de sédiments grossiers, d'une cinquantaine de mètres de large, de direction Est - Ouest et sur lesquels se surimposent des mégarides de houle, qui alternent avec des ridins de sables fins d'un mètre de hauteur et d'une centaine de mètres de large.

## 6. LES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES EN CHARRIAGE

Les documents vidéo ont permis de montrer qu'il existait à chaque renverse un changement de direction des ripples marks. La phase sableuse (sables fins à moyens) est ici mobile même en mortes eaux. Le transit résultant s'effectue en direction du Nord au large. Des transits en direction du Sud ont pu être constatés dans l'anse de Vauville ainsi qu'au Sud du cap du Rozel (figure 11). La présence de nombreuses algues (phéophycées, rhodophycées) observées en dérive à proximité du fond, en particulier au niveau du ruban sableux (FL1-8), et la direction du transit résultant confirment les résultats concernant les transits d'algues, obtenus essentiellement par marquages, lors de l'étude écologique complémentaire de projet (PIRIOU J.Y., VIGIER C., 1985) ; le faible développement des peuplements algaux à proximité du site (particulièrement au Sud) suggère une origine relativement lointaine (Sud du Rozel) des algues en transit.

Fig. 11 DIRECTIONS OBSERVEES DU TRANSIT RESULTANT





## 7. CONCLUSION - DISCUSSION

L'emploi du sonar latéral et des prises de vues sous-marines sur le site de Flamanville a permis de compléter les connaissances acquises lors des études de projet sur ce site. Il a permis de révéler l'importance de deux faciès méconnus ou nettement sous-estimés du fait des techniques employées jusqu'alors :

- Le faciès rocheux qui affleure sur près de 40 % de la surface explorée du fait d'une couverture sédimentaire peu épaisse et d'un hydrodynamisme important. Ce faciès rocheux n'est que très faiblement colonisé par la végétation (laminaires sur les hauts fonds, rhodophycées sur les barres rocheuses au Nord du cap de Flamanville). Dans l'anse de Scioto on note la dominance d'ascidies.

- Le faciès à Lanice conchilega localisé dans les anses qui, bien que n'occupant qu'une superficie relativement restreinte, témoigne d'un enrichissement considérable du peuplement du fait d'une stabilisation du milieu et du piégeage des particules fines. Cette cohésion renforcée du sédiment qui est probablement à l'origine d'un mauvais fonctionnement de la drague sur ce type de fond, expliquerait la non identification de ce peuplement au cours des études de projet (une vingtaine de Lanice conchilega recueillies au maximum par coup de drague sur ce site alors qu'il y en a plusieurs centaines ou milliers par m<sup>2</sup> dans certaines zones).

Ces techniques ont permis également de préciser dans le détail la répartition des sédiments dans le secteur, de mettre ainsi en évidence l'importance de l'hétérogénéité spatiale soupçonnée et de donner une vision dynamique de cette répartition : mobilisation de la phase sableuse par les courants de marée, le transit résultant s'effectuant en direction du Nord au large, des transits en direction du Sud étant observés plus à la côte - effet de la houle à la côte.

La confrontation de ces données avec les connaissances acquises antérieurement a permis de préciser la distribution des peuplements établie par le dépouillement des dragages et surtout d'en expliquer la distribution :

- Le peuplement des fonds de cailloutis et graviers <sup>†</sup> ensablés occupe les fonds de sédiments grossiers homogènes. L'espèce Nucula nucleus localisée à la surface du sédiment n'est pas dépendante de l'épaisseur de la couche sédimentaire ; il n'en est pas de même pour certaines espèces de l'endofaune qui lui sont associées, ces espèces vont donc se développer dans les zones situées plus au large et plus au Sud. Dans les zones situées à la côte et au Nord-Ouest, du fait de la présence de nombreux affleurements rocheux, la faune recueillie à la drague va s'enrichir en épifaune vagile (petits crustacés décapodes, gastéropodes).

- Le ruban sableux, bien développé, qui contourne la plateforme du Rozel pour s'affiner vers le Nord jusqu'à l'Ouest du cap de Flamanville et les trainées sableuses qui lui sont associées, se superposent aux fonds de sédiment grossier provoquant, du fait de la présence en surface d'un sédiment sableux extrêmement mobile, un appauvrissement général du milieu (faciès d'appauvrissement par ensablement). Sur la roche située à proximité, la mobilisation de la phase sableuse va favoriser la présence d'ascidies (zone de sédiment grossier hétérogène, anse de Sciotot).

- La présence d'une enclave de sable plus fin, dans une zone vraisemblablement moins soumise à l'action de courants de marée, est confirmée à la côte dans l'anse de Sciotot, elle permet le développement d'une faune beaucoup plus riche et diversifiée que dans les anses de Vauville et Surtainville.

BIBLIOGRAPHIE

- AUFFRET J.P., BERNE S., GRESSELIN F., D'OZOUVILLE L., WALKER P., 1986. Anse de Vauville. Géologie et dynamique sédimentaire 1/5000, mosaïque, carte. Notice explicative. IFREMER/Université de Caen.
- GUILLAUMONT B., HAMON D., 1977. Site de Flamanville 1er cycle. Chapitre III. Domaine benthique. Rapport CNEEXO-UL/EDF.
- GUILLAUMONT B., HAMON D., 1979. Site de Flamanville 2ème cycle. Chapitre VII. Zoobenthos - Phytobenthos. Rapport CNEEXO-ELGMM/EDF.
- BELSHER T., HAMON D., GUILLAUMONT B., CHARDY P., 1987. Etude de projet Plogoff 2ème cycle. Chapitre VI. Domaine benthique. Rapport IFREMER/EDF.
- BERNE S., D'OZOUVILLE L., BASSOULET Ph., AUFFRET J.P., GRESSELIN F., WALKER P., 1986. Etude régionale intégrée du Golfe Normano-Breton. Thème 1 : Présentation de l'étude - cadre physique : Processus hydrodynamiques et sédimentologie. Chapitre 2 : Etude du transit des sédiments sableux par charriage.
- BLANCHARD M., CHEVALIER C., GUILLAUMONT B., HAMON D., 1985. Etude bibliographique de quelques espèces planctoniques et benthiques de la Manche - Volume III : Zoobenthos. IFREMER-DERO-EL/EDF.
- BOILLOT G., 1964. Géologie de la Manche occidentale. Fonds rocheux, dépôts quaternaires, sédiments actuels. Thèse, Paris, Ann. Inst. Oceanogr. XLII (I) : pp. 1-129.
- CABIOCH L., BELSHER T., JOUAN G., HAMON D., RETIERE C., 1976. Etude écologique d'avant-projet sur le site de Flamanville. Rapport CNEEXO-UL/EDF.
- FLEMMING B.W., 1980. Sand transport transport and bedforms patterns on the continental shelf between Durban and Port Elizabeth (Southeast African continental margin). Sediment. Geol., 26 : pp. 179-205.
- HAMON D., GUILLAUMONT B., RETIERE C., 1986. Etude régionale intégrée du golfe normano-breton. Thème 4 : estran et zones humides. Chapitre II. Rapport IFREMER-DERO-EL/CEE.
- KENYON N.H., 1970. Sand ribbons of european tidal seas. Mar. geol., 9 : pp. 25-29.
- PIRIOU J.Y., VIGIER C., 1985. Site de Flamanville. Etude complémentaire. Biomasses algales, potentielles et en dérive. IFREMER-DERO-EL/EDF.
- REYNECK H.E., SINGH I.B., 1980. Depositional sedimentary environments. Springer, New-York : 549 p.
- SEILACHER A., 1951. Der röhrenbau von Lanice conchilega (Polychaeta). Senckenbergiana, 32 : pp. 267-280.
- VASLET D., LARSONNEUR C., AUFFRET J.P., 1978. Cartes des dépôts superficiels de la Manche au 1/500 000. BRGM éd. Orléans.

