

**SEDIMENTS SUPERFICIELS MARINS ET
REPARTITION DE LA CREPIDULE
(*Crepidula fornicata*)**

**ENTRE LE CAP FREHEL ET LES ABORDS
DE SAINT-MALO**

par Erik HOULGATTE
Géologue
Cabinet d'Etude
7, rue de Lyon
29200 BREST

Volume 1 : Notice
 Carte hors-texte

Avril 1996

■ **Volume 1 :** Notice
Carte hors-texte

□ **Volume 2 :** Annexes

Sommaire

Introduction	1
1 Cadre géographique et physique du domaine étudié	3
1.1 Géomorphologie	3
1.2 Hydrodynamique	3
1.3 Géologie	7
2 Moyens et techniques d'étude mis en oeuvre	12
2.1 Acquisition des données	12
2.2 Traitement des données	12
2.3 Infographie	17
3 Nature sédimentaire des fonds	18
3.1 Couverture sédimentaire et substratum rocheux	18
3.2 Faciès sédimentaires	18
3.3 Figures sédimentaires	21
4 Recouvrement des fonds par <i>Crepidula fornicata</i>	23
4.1 Zones à très faible recouvrement	23
4.2 Zones à faible recouvrement	23
4.3 Zones à recouvrement moyen	24
4.4 Zones à très forte concentration	24
Conclusion	25
Références	26

Introduction

L'étude géologique et biologique entreprise du cap Fréhel aux abords de Saint-Malo (Fig. 1) entre dans le cadre plus large d'un *Programme d'analyse de la répartition et de l'estimation quantitative de la Crépidule à l'échelle du golfe normano-breton*.

Le rapport d'analyses et d'interprétations présenté ici fait suite à la campagne de prospection océanographique **CREPE 1**, menée du 20 au 28 juillet 1995 à partir du NO / GWEN DREZ (Chef de mission : **Michel BLANCHARD / IFREMER - Centre de Brest**).

Ce volume comprend la notice explicative du document de synthèse ci-joint : **CARTE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS MARINS ET DE LA REPARTITION DE LA CREPIDULE, entre le cap Fréhel et les abords de Saint-Malo**. Après un examen rapide du cadre géographique et physique du domaine étudié sur la base de données bibliographiques, il est fait une présentation détaillée des moyens et des techniques mis en oeuvre puis une analyse et une interprétation de la nature sédimentaire et du recouvrement par la Crépidule des fonds marins, avec une précision relative à l'échelle cartographique retenue du 1/25 000.

Un second volume regroupe l'ensemble des annexes, pour être plus facilement consulté :

- Planches photos de prélèvements ;
- Fiches d'analyses de sédiments meubles et Sonogrammes ;
- Sonogrammes du recouvrement des fonds par *Crepidula fornicata*.

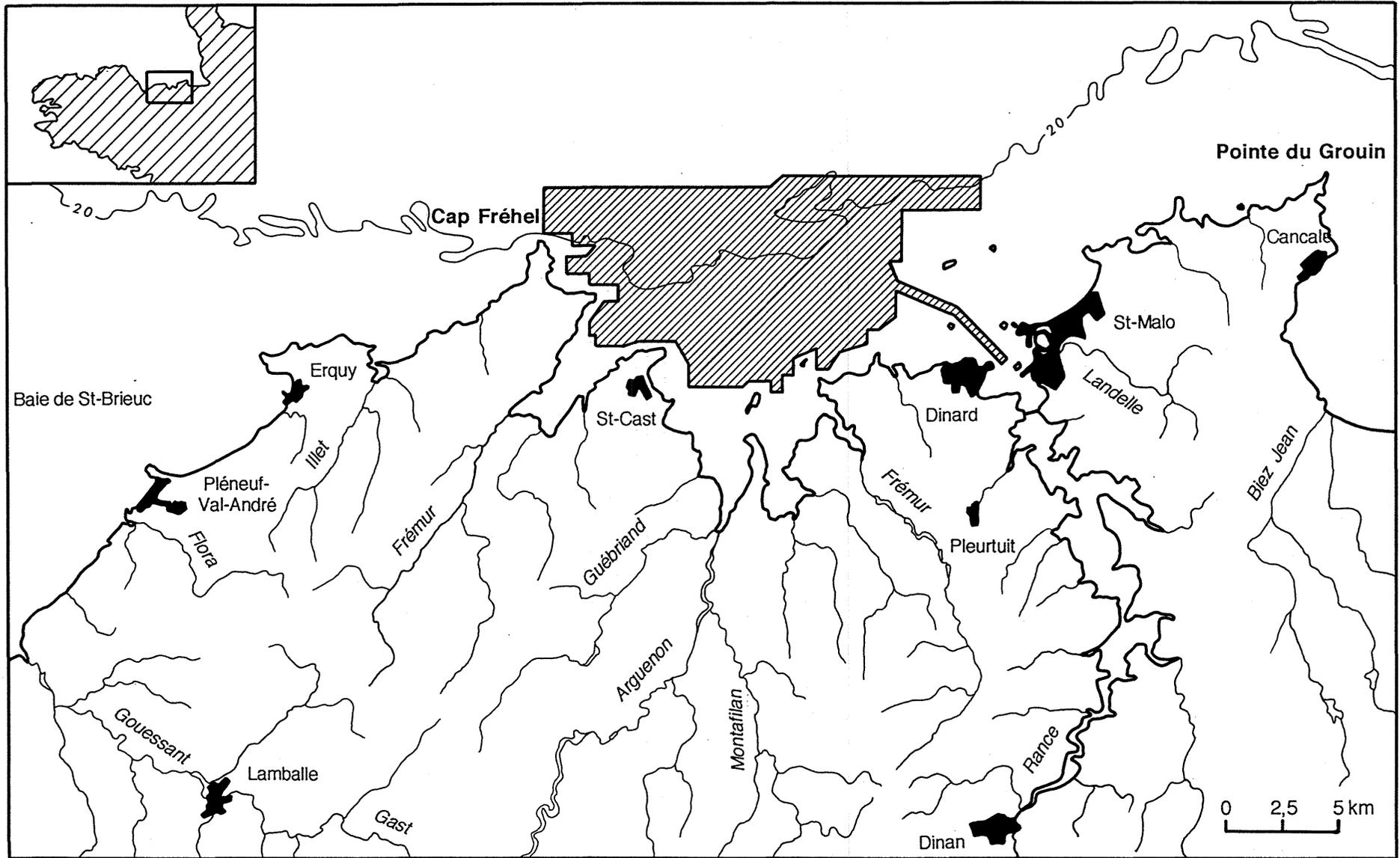


Figure 1 : Carte de localisation du domaine étudié.

1 Cadre géographique et physique du domaine étudié

1.1 Géomorphologie

A terre, l'arrière-pays est une région de collines peu accusées, fermée au Sud-Ouest par les reliefs des Landes du Mené, d'environ 300 m d'altitude, où l'Arguenon et la Rance prennent leur source. Ces deux rivières, aux bassins versants réduits, parcourent dans leurs cours moyen et inférieur deux vallées encaissées, qui marquent ainsi profondément cette région à pente générale orientée vers le Nord-Est.

A la côte, les falaises les plus élevées se situent à l'Ouest, depuis le cap Fréhel jusqu'à la rive gauche de l'Arguenon, avec un commandement passant de 70 m à 40 m d'Ouest en Est. De Saint-Jacut-de-la-Mer à Dinard et aux pourtours de la pseudo-péninsule de Saint-Malo, la rupture de pente du domaine terrestre varie au plus fort entre 15 et 30 m, en alternance avec des zones basses à talus littoraux hauts de quelques mètres. La bande littorale, nommée "Côte d'Emeraude", de forme très découpée, est entaillée par quatre profondes baies, qui sont celles de : la Fresnaye, l'Arguenon, Lancieux (ou Beaussais) et la Rance. Cette dernière n'est plus soumise aux actions naturelles maritimes depuis la réalisation de l'usine marémotrice. Le domaine d'estran s'étend principalement aux trois premières baies citées, et vers l'Est aux vastes plages en échancrures sur la côte de Saint-Briac à Saint-Malo ainsi qu'aux nombreux îlots et bancs découvrants de l'île Agot à l'île de Cézembre.

En mer, l'isobathe des 10 m marque la véritable limite entre le domaine terrestre qui se prolonge en mer par de multiples hauts-fonds et le "Golfe de Saint-Malo" proprement dit. La profondeur des 20 m est rapidement atteinte aux abords du cap Fréhel, tandis qu'au centre et à l'Est elle se situe à 6 ou 8 km des côtes, en contournant le seul haut-fond remarquable du large, qu'est le Vieux Banc. Au-delà, les fonds se prolongent en pente douce vers le Nord-Ouest, en laissant au Nord les premières remontées sous-marines de l'archipel des Minquiers.

1.2 Hydrodynamique

1.2.1 La marée

La variation de hauteur d'eau, par la succession de mortes-eaux et de vives-eaux sur une période d'environ quinze jours, s'échelonne entre 3 et 12 m (Fig. 2). Par coefficient 95, le marnage est de 10 m au cap Fréhel et de près de 11 m à Saint-Servan, avec une avance de l'heure de la pleine mer d'à peu près un quart d'heure à l'Ouest (Fig. 3).

L'oscillation bi-quotidienne de la marée commande l'essentiel des mouvements de masse d'eau avec un lent renouvellement de cette dernière par échange avec les autres régions du golfe normano-breton.

Au cours d'une marée, les courants induits varient en direction et en intensité (Fig. 4). En règle générale, le flot domine en intensité sur le jusant avec une direction qui passe progressivement de l'Est-Sud-Est à l'Est-Nord-Est, d'Ouest en Est. A la côte, notamment à l'embouchure de la Rance, le flot et le jusant ne sont plus giratoires

Extraits des documents
de DAGORNE, 1966 et 1968

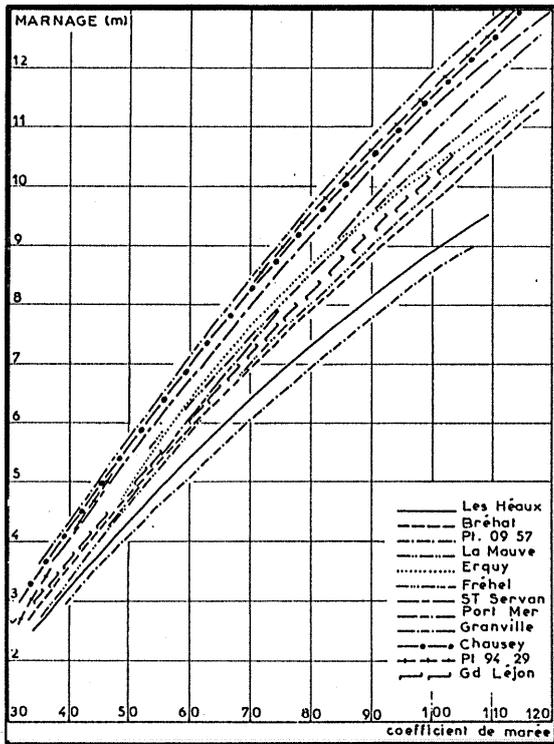


Figure 2 : Courbes de marnage.

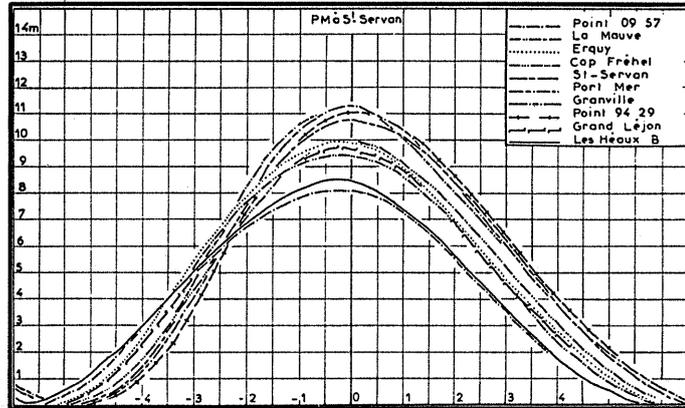


Figure 3 : Courbes de marée (coef. 95).

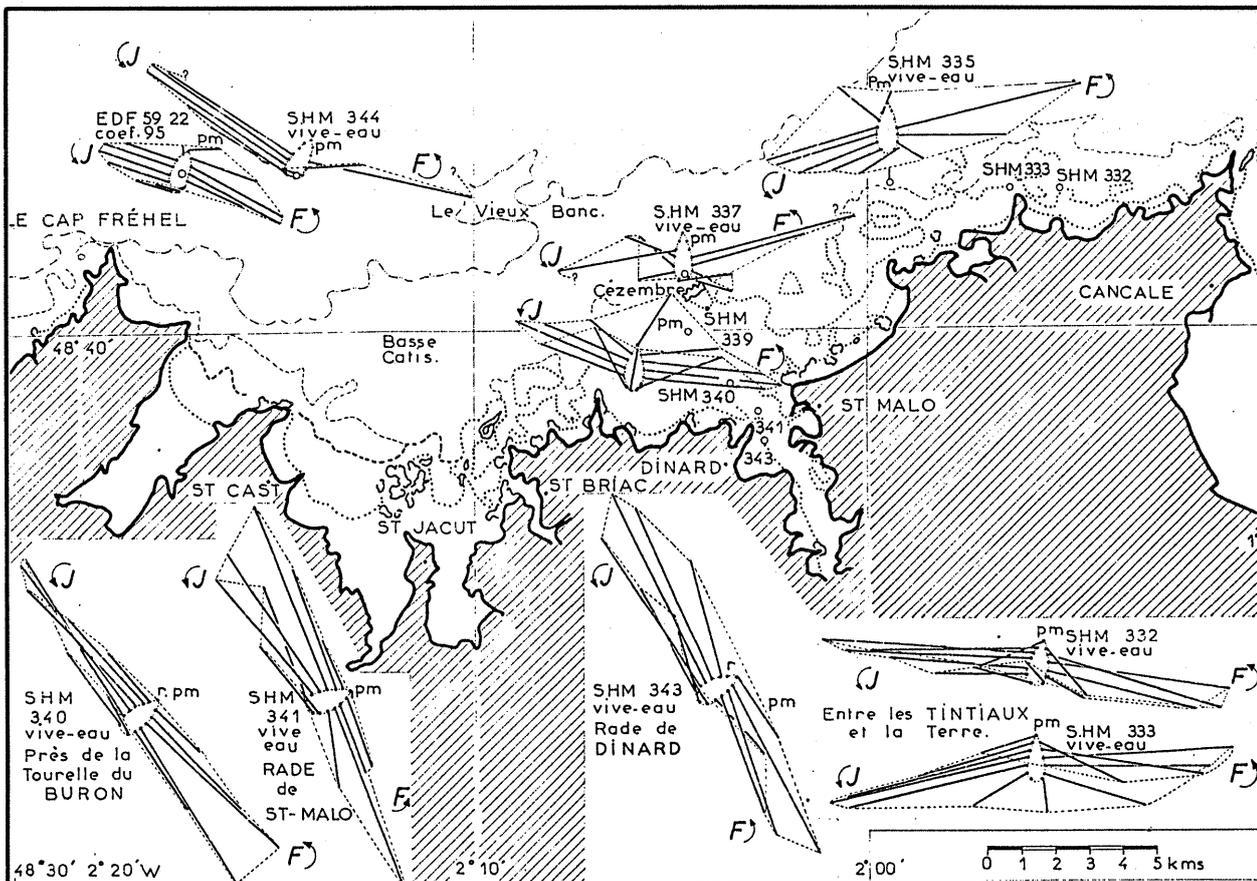


Figure 4 : Roses de courants de marée ; pm = pleine mer, F = flot et J = jusant.

comme au large mais alternatifs, avec une direction commune Nord-Ouest / Sud-Est. Le jusant y est constamment dominant.

"Lors d'une marée une particule d'eau décrit, sous l'effet des courants de marée, une trajectoire. Généralement elle ne revient pas après un cycle complet au même endroit. Ce décalage traduit un mouvement moyen, c'est à dire intégré sur la période de marée. Cette vitesse de déplacement moyen est appelée vitesse résiduelle lagrangienne" (GARREAU, 1993 a et b). Sur le domaine étudié, les courants résiduels lagrangiens ont des vitesses faibles, de l'ordre de quelques centimètres par seconde (Fig. 5). La variation de l'orientation du trait de côte et surtout les changements rapides de bathymétrie dans les zones de hauts-fonds engendrent des disparités de directions des vecteurs de courants résiduels. Entre le cap Fréhel et la pointe de la Varde, au nord de Saint-Malo, se succèdent des tourbillons anticycloniques et cycloniques, à une distance de six kilomètres maximum de la côte. Au delà, vers le large, les courants résiduels lagrangiens décrivent une trajectoire courbe, passant du Sud-Est au Nord-Est, d'Ouest en Est. De cette situation notons que la circulation près du littoral est assez peu active, sans grand échange avec les eaux du large. Ceci est peu propice au renouvellement des masses d'eau, notamment dans les fonds de baies telles que celles de la Fresnaye, de l'Arguenon et de Lancieux.

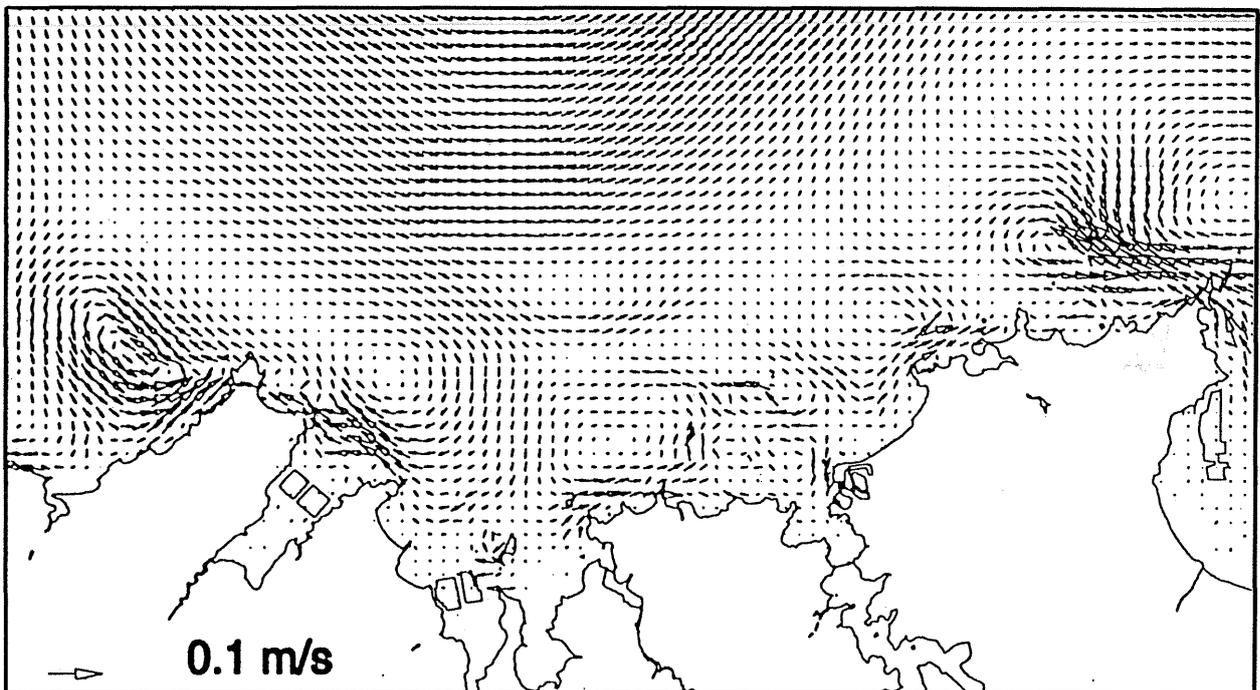


Figure 5 : Résiduelles lagrangiennes (d'après GARREAU, 1993 a).

1.2.2 Le vent, facteur d'agitation

Les dépressions provenant de l'Atlantique expliquent la prépondérance des vents de secteur ouest dominant. La venue à la côte de houles ou d'agitations de surface ("mer de vent"), dues à ces facteurs climatiques, accroissent le mélange des masses d'eau. Ces mouvements temporaires, affectant plus ou moins la totalité de la colonne d'eau en un point donné, augmentent les tensions exercées sur le fond et

donc favorisent les transports solides, et enfin génèrent un courant littoral près de la zone de déferlement (LE HIR *et al.*, 1986).

Au large du cap Fréhel, les mesures du Laboratoire National d'Hydraulique (ALLEN, 1977 et 1982) indiquent, sur vingt jours d'observation en 1964, une hauteur de houle la plus fréquente d'environ 0,80 m, avec une période moyenne à plus forte fréquence entre 8 et 9 secondes (Fig. 6).

Sur les deux moitiés du domaine étudié, les roses d'agitations données par le Laboratoire Central d'Hydraulique de France (L. C. H. F., 1984) diffèrent quelque peu, avec toutefois une même fréquence dominante de houles de secteur ouest-nord-ouest et des amplitudes maximales supérieures à quatre mètres (Fig. 7).

L'épure de réfraction calculée dans le golfe normano-breton pour une houle de direction ouest, légèrement sud (N 265°), montre bien que ce domaine n'est pas à l'abri des agitations du large, bien que protégé plus avant par les côtes du Trégor (Fig. 8).

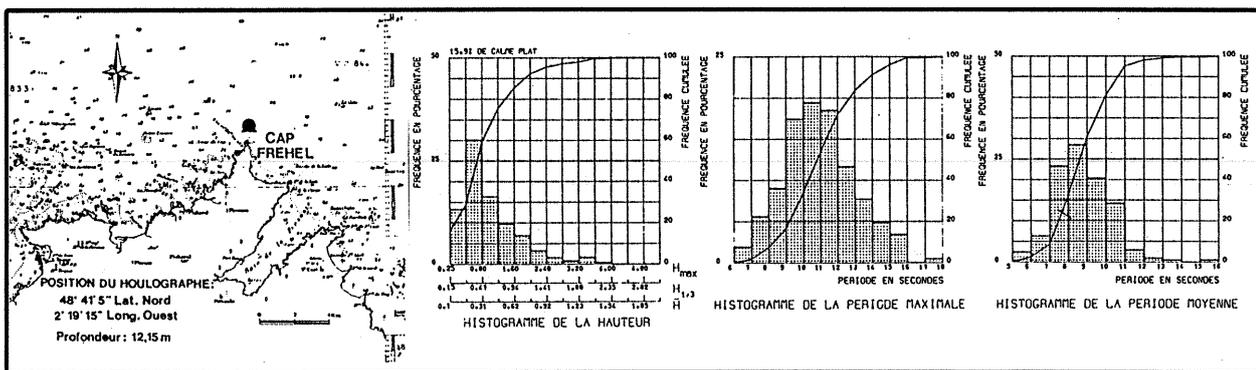


Figure 6 : Statistiques de la houle mesurée au cap Fréhel, sur la période du 22-9-1964 au 13-10-1964 (20 jours d'observation avec 3 jours de calme plat ($H_{max} < 0,25$ m)) - Document extrait d'ALLEN, 1977.

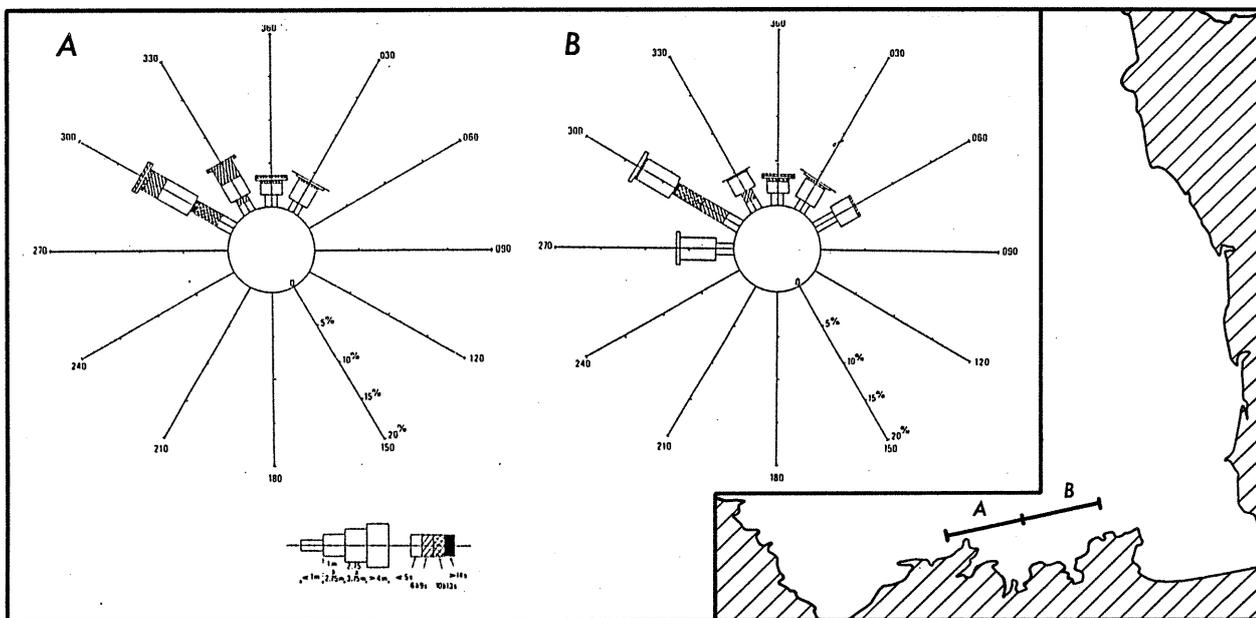


Figure 7 : Roses des agitations (d'après L. C. H. F., 1984).



Figure 8 : Epure de réfraction calculée dans le Golfe normano-breton.

(visualisation des lignes orthogonales aux crêtes de houle)

Caractéristiques de la houle : période 12 secondes, direction N 265°.

D'après L. C. H. F., 1984
(In : LE HIR *et al.*, 1986).

1.3 Géologie

1.3.1 Le substratum

La connaissance de la lithologie et de la structure du substratum (Fig. 9) est importante pour comprendre d'une part la morphologie des fonds marins mais aussi pour expliquer la nature d'une partie des sédiments issue de l'érosion des roches.

A terre, le socle de la région du Frémur (rivière se jetant en baie de la Fresnaye) à celle de la Rance a pour principal soubassement la formation des siltites, grès et arkoses du Briovérien (âge anté-Cambrien). Cet ensemble est métamorphisé et déformé en écharpe par le vaste massif migmatique à auréole de micaschistes de Plancoët / Saint-Malo. Ce massif, orienté Sud-Ouest - Nord-Est, donne la direction générale du littoral "baie de l'Arguenon - pointe du Grouin", avec toutefois une ligne de côte très découpée dans le détail en raison de la forte altération de ses roches et de son intense fracturation transversale. Quelques pointements d'orthogneiss jalonnent et relais ce massif migmatique vers le Nord-Ouest et le Sud-Est. Le petit massif gabbroïque de Lamballe et le pluton granitique de Dinan recoupent à l'emporte

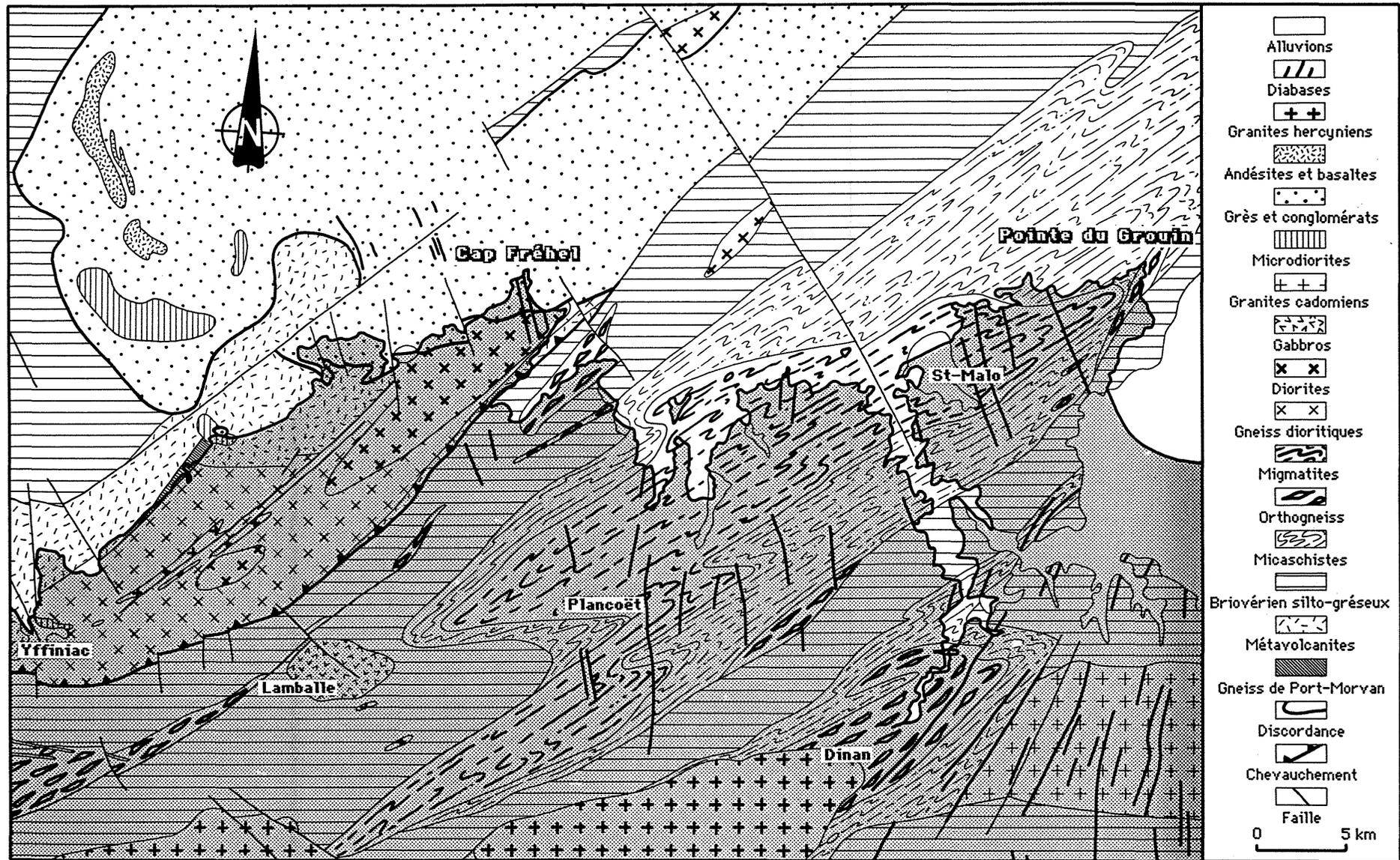


Figure 9 : Carte géologique marine et terrestre du substratum rocheux de la presqu'île d'Hillion à la pointe du Grouin (d'après les travaux de KERRIEN (1972), de LE FORT (1975) et de GUENNOC (In : AUGRIS, HAMON *et al.*, 1996)).

-pièce l'ensemble structural du socle.

A l'Ouest, la région d'Yffiniac à la pointe de la Latte est occupée par un ancien horst (vaste bloc soulevé, hérité des grands mouvements compressifs de l'orogénèse cadomienne) limité au Sud-Est par un important accident chevauchant, ayant guidé très ultérieurement le cours moyen et inférieur du Frémur. La diorite de Coëtmieux / Fort-la-Latte, qui forme le noyau dur de ce horst, est entourée de métagabbros moins résistants, plus ou moins hydrothermalisés.

Du cap d'Erquy au cap Fréhel, affleurent une couverture de dépôts sédimentaires à grès et conglomérats de l'Ordovicien, en discordance sur le socle briovérien décrit ci-avant.

L'ensemble du pays lamballais et malouin est traversé par de multiples filons tardifs de diabases, d'âge probablement hercynien.

En mer, la géologie du socle continental se prolonge sans discontinuité majeure; elle est uniquement marquée par le rejet de quelques failles tardives en distension d'âge présumé secondaire et / ou plus certainement tertiaire.

1.3.2 La couverture de dépôts meubles

A terre, la couverture des formations périglaciaires (loess, limons et heads) du Quaternaire adoucit les reliefs et empâte la plupart des vallées. Les cours d'eau actuels, à faible débit, arrivent difficilement à éroder la masse importante de ces dépôts.

Sur le littoral, les falaises de limons et de heads sont fréquemment entamées par l'érosion côtière et alimentent ainsi en débris lithiques plus ou moins grossiers (argiles, sables ou blocs) les hauts d'estran.

En mer, du cap Fréhel à la pointe du Grouin, le pré-littoral est à fonds de sédiments très grossiers, le plus souvent hétérométriques, où dominent les éléments de dimension supérieure à 20 mm, d'après RUELLAN, BEIGBEDER et DAGORNE (1967). Ces auteurs notent toutefois, au point de convergence des réseaux hydrographiques, de la baie de la Fresnaye à la baie de Lancieux, que les fonds sont à prédominance graveleuse. Ils concluent que les courants de marée ne rencontrent aucun obstacle à leur propagation, d'où un puissant effet de déflation hydraulique, de lessivage, laissant une sorte de reg ou de pavage sous-marin, entre le cap Fréhel et la région de Saint-Malo - Dinard (Fig. 10), et que les sédiments littoraux fins et moyens (prisme littoral) n'existent que dans les échancrures médianes entre Fréhel et Saint-Briac, avec des dépôts calcaires coquilliers et phycogènes abondants (Fig. 11). Cette "sédimentation sous-marine à gradient dimensionnel inversé" aurait une origine complexe faite d'héritage du passé géologique tertiaire et quaternaire (RUELLAN *et al.*, 1972). L'essentiel des dépôts, au moins pour les plus grossiers, est à mettre en rapport avec les coulées de solifluxion périglaciaires à éléments hétérométriques. La dernière grande transgression marine du Flandrien a pu exercer des actions de déflation hydraulique en évacuant les particules fines vers les zones d'abri tandis qu'au large ne subsistait qu'un pavage d'éléments grossiers, anguleux voire esquilleux (RUELLAN *et al.*, 1972). Les études très détaillées sur les baies de la Fresnaye (BOUVIER, 1993), de l'Arguenon et de Lancieux (VAUCOURT, 1990) ont montré que la dynamique des anses est complexe, associant des faciès vaseux estuariens et des faciès sableux à transport par traction et saltation (Fig. 12 et Fig. 13).

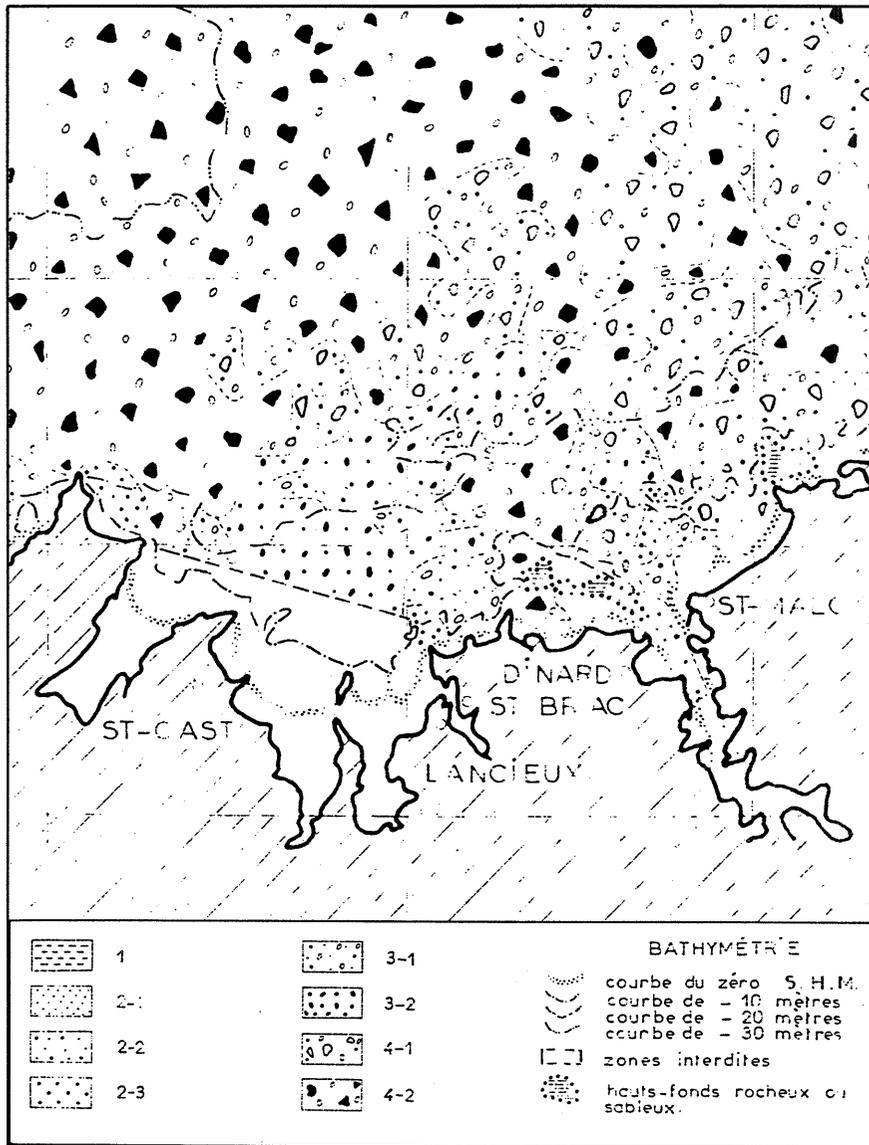


Figure 10 : Carte sédimentologique des fonds détritiques du pré-littoral (sédiments décalcifiés) ; extrait en réduction des travaux de DAGORNE , 1968.

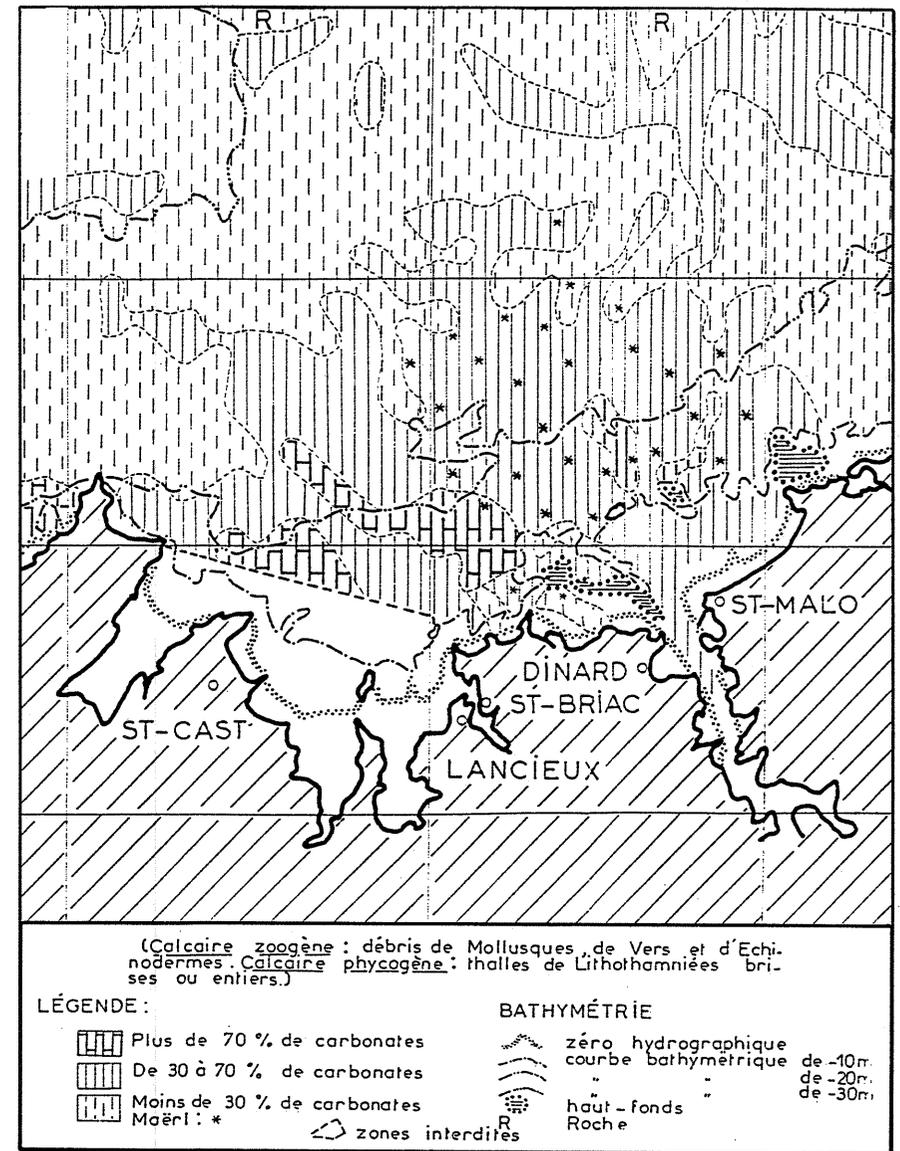


Figure 11 : Carte de répartition du calcaire organogène total ; extrait en réduction des travaux de DAGORNE, 1968.

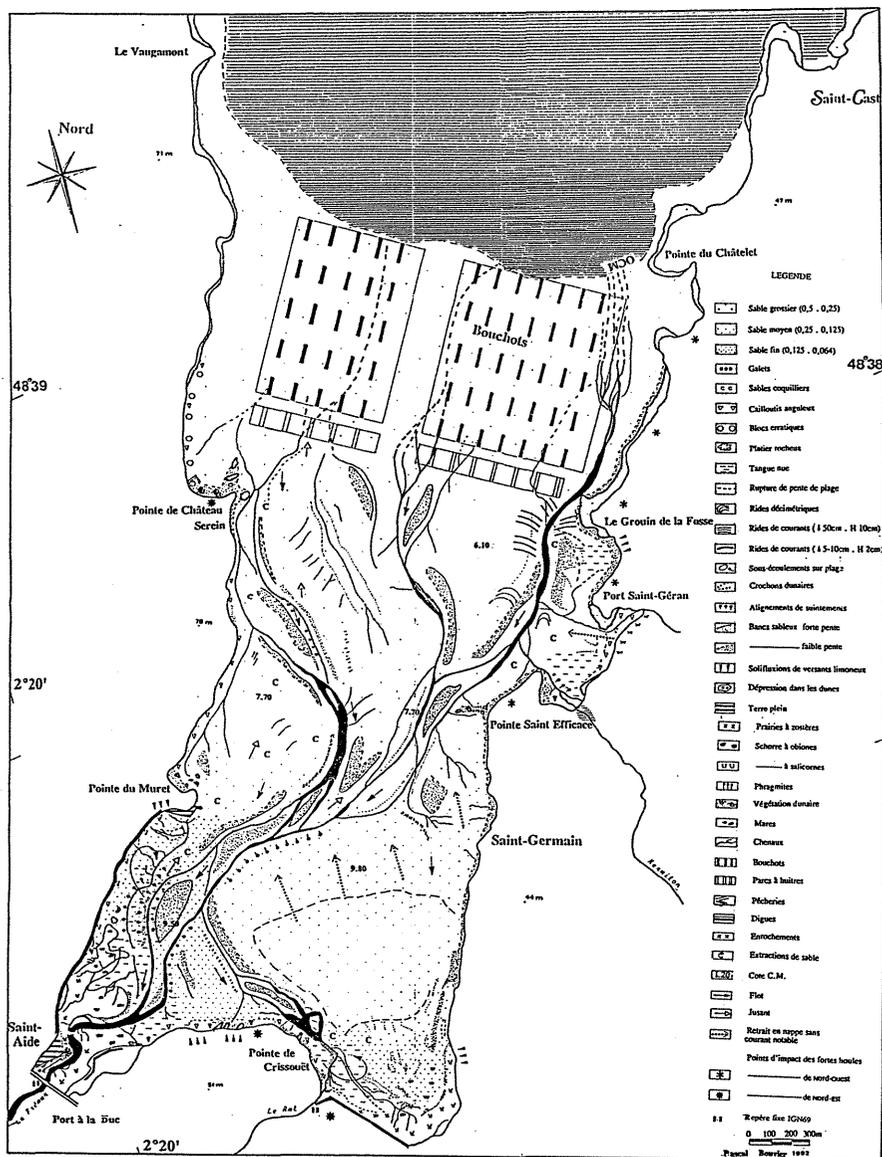


Figure 12 : Carte morphosédimentaire de la baie de la Fresnaye (d'après BOUVIER, 1993).

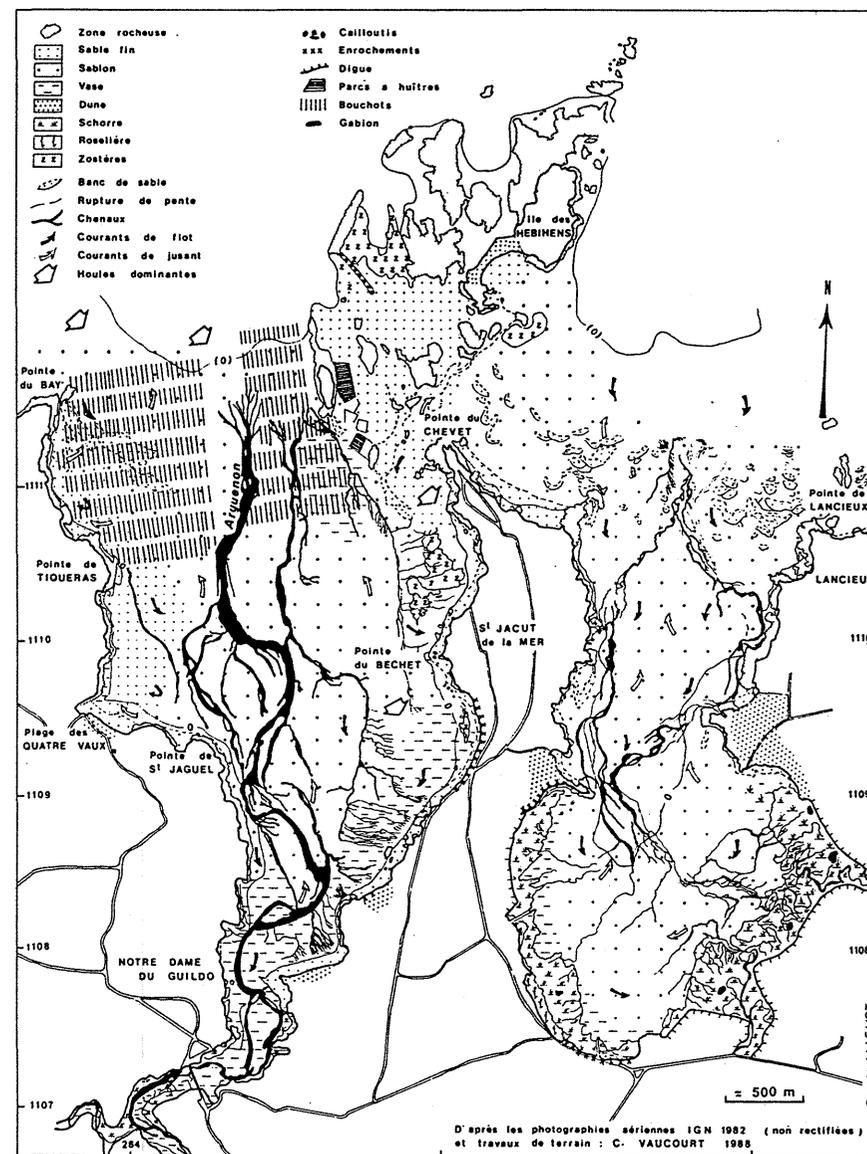


Figure 13 : Carte morphosédimentaire des baies de l'Arguenon et de Lancieux (d'après VAUCOURT, 1988).

2 Moyens et techniques d'étude mis en oeuvre

2.1 Acquisition des données

2.1.1 Campagne de prospection

Les travaux océanographiques opérés entre le cap Fréhel et les abords de Saint-Malo pour les besoins de l'étude ont été réalisés à partir du N.O. / GWEN DREZ (Navire côtier de l'IFREMER), durant la période du 20 au 28 juillet 1995.

La première partie de la mission, du 20 au 25 (arrêt à quai le 24), a permis l'enregistrement d'une couverture au sonar latéral presque totale; Seuls quelques secteurs limités n'ont pu être cartographiés (contournements de hauts fonds, présence d'engins de pêche dormants).

Les trois derniers jours de la mission (26 au 28 juillet) furent consacrés à l'échantillonnage bio-sédimentaire.

Lors de toute la durée de cette campagne, un positionnement radioélectrique extrêmement précis (de l'ordre de quelques mètres) du navire a été rendu possible par l'usage d'un GPS différentiel ; l'enregistrement de la navigation a en outre été géré par le système ADOP (BERNE *et al.*, 1986).

2.1.2 Outils mis en oeuvre

a - Un sonar latéral, du type DOWTY 3050

Le fonctionnement d'un sonar à balayage latéral est basé sur l'utilisation d'un "poisson" remorqué, équipé de deux transducteurs représentés par des céramiques piézo-électriques qui jouent simultanément le rôle d'émetteur et de récepteur d'ultrasons. "Le principe du sonar réside alors dans l'émission d'un signal de très courte durée d'impulsion (de l'ordre de la milliseconde) qui, une fois rétrodiffusé par le fond de la mer avec plus ou moins d'intensité, sera ensuite récupéré sous la forme d'enregistrements graphiques et/ou magnétiques" (WEBER, 1989). Le pouvoir de résolution du sonar latéral DOWTY est de 0,5 m. Ces images réalisées en continu au fur et à mesure de profil de navigation sub-parallèles correspondent, selon la hauteur d'eau et/ou le degré de précision recherché, à des régions éclairées en bande soit de 200 m soit de 400 m de large.

b - Une benne à sédiment, du type Hamon

Cet engin, lourd de 500 kg et muni d'un godet de 20 litres, a servi pour la réalisation de 148 prélèvements en 75 stations réparties sur toute l'aire prospectée, tout en visant à échantillonner au mieux l'ensemble des différents faciès sédimentaires repérés préalablement au sonar latéral.

2.2 Traitement des données

2.2.1 Fond de carte

Le gabarit de la carte en projection Mercator, selon l'ellipsoïde d'Hayford (Géoïde ED50), a pour origine les plans de navigation calculés par informatique et sortis sur traceur HP ou OCE, après la mission (Cf. § 2.2.2).

Le trait de côte et les isobathes sont issus des cartes 5646 et 7130 du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM).

2.2.2 Routes de navigation

Les données de navigation, gérées par GENAVIR (1), ont été stockées en temps réel sur disquettes 3,5" et éditées ultérieurement sur plan à l'échelle du 1/20 000. La route suivie par le sonar latéral fut calculée au moyen du logiciel SYREN (GENAVIR), en tenant compte des variations de la hauteur d'eau et de la vitesse d'avancement du navire durant tout le temps de mise en oeuvre de l'engin.

2.2.3 Sonogrammes

Une première analyse des enregistrements sonar en cours de mission a permis de reconnaître *in situ* les principaux faciès acoustiques. Ce travail de repérage somme toute sommaire, en calant les données à mains levée sur des points distants de navigation, a toutefois permis d'optimiser au mieux le choix des points de prélèvements à la benne, effectués en seconde période de mission.

Ultérieurement, le traitement des données fut mené selon deux méthodes complémentaires.

D'une part l'enregistrement sur disques magnéto-optiques (650 mégaoctets) des signaux acoustiques a permis, après traitement à l'IFREMER - DRO/GM (2), l'impression de différentes mosaïques sonar aux échelles du 1/20 000 et du 1/5 000. Ces documents ont fourni une vue d'ensemble des différents degrés de rétrodiffusion du fond marin, pour le moins rendue difficile à la seule vue disjointe des documents graphiques de sortie bord à grandes échelles (au 1/833,3 pour une largeur de 200m et au 1/1 666,6 pour une largeur de 400m).

D'autre part, une analyse détaillée des enregistrements sonar a tout de même été faite sur les documents graphiques de sortie bord pour un examen très précis des faciès acoustiques.

Cette double démarche a abouti au tracé d'un document comportant une information complète sur les différentes catégories de rétrodiffusion ainsi que sur les principaux traits morfo-sédimentaires des fonds prospectés.

Par la suite, ce document a été interprété en termes de natures sédimentaires mais aussi en terme de taux de recouvrement des fonds par *Crepidula fornicata* (Cf. § 2.2.5), à l'appui des renseignements tirés de l'analyse lithologique et biologique des prélèvements à la benne.

2.2.4 Prélèvements sédimentaires

En cours de mission, les cent quarante huit prélèvements à la benne Hamon, effectués sur soixante quinze stations, ont été répertoriés sous une diagnose dite de bord. Dans le cas général de deux prélèvements (ou plus) par station, les différences

(1) Travaux de saisies et de mixages informatiques réalisés par **Ch. PRUDHOMME** et **J.-M. RAILLARD**, que nous remercions.

(2) Moyen informatique TRIAS de traitement d'image sonar exclusivement mis au point par l'IFREMER - Centre de Brest (AUGUSTIN, 1985 ; LE DREZEN, 1988) et mis en oeuvre par **Catherine SATRA**, que nous remercions.

de constitutions sédimentaires et surtout de contenus faunistiques ont été soigneusement enregistrées.

Sur la totalité des bennes, soixante et un prélèvements ont fait l'objet, selon leur représentativité, d'un échantillonnage en vue d'une analyse sédimentologique détaillée.

En laboratoire, le protocole d'analyse sédimentaire a été le suivant :

a - Archivage

. prise d'un échantillon témoin de sédiment humide dans un flacon étanche transparent (20 cm³).

b - Granulométrie des fractions > 63 µm

. prise d'un volume humide de sédiment total = **V** dont le poids brut = **P** varie entre 140 et 750 gr., en fonction du caractère grossier ou fin de l'échantillon ;

. tamisage de **V** à 63 µm sous eau ;

. séchage du refus de tamis = **Vsv** (sédiment sans vases) à 80°C, durée 24h. ;

. pesée de **Vsvs** : poids sec des fractions > 63 µm = **Pg** ;

. tamisage de **Vsvs** sur colonne vibrante de cinq tamis de norme AFNOR (n° 19, 24, 28, 34 et 44), avec le réglage du rhéostat à une intensité faible (position 3 maximum sur 10 divisions) et un temps limite de 5 minutes, pour s'affranchir des effets de broyage ;

. pesée de chaque refus de tamis :

Pf, pour refus supérieur à 2 cm (tamis n° 44)

Pe, pour refus supérieur à 2 mm jusqu'à 2 cm (tamis n° 34)

Pd, pour refus supérieur à 0,5 mm jusqu'à 2 mm (tamis n° 28)

Pc, pour refus supérieur à 0,2 mm jusqu'à 0,5 mm (tamis n° 24)

Pb, pour refus supérieur à 63 µm jusqu'à 0,2 mm (tamis n° 19)

. conservation de chaque fraction en pochette plastique pour l'analyse de la teneur en CaCO₃ (voir ci-après § e), puis pour archivage.

c - Teneur en vases (fractions < 63 µm)

. prise d'un échantillon **V'** d'un poids brut = **P'b** de 15 à 45 grammes, selon le caractère plus ou moins fin du sédiment, sans la fraction supérieure à 2 cm ;

. séchage à l'étuve de **V'** à 80°C, durée 24h. ;

. pesée de **V's** (volume sec) donnant le poids de sédiment sec total = **P'st** ;

. tamisage de **V's** à 63 µm sous eau ;

. séchage du refus de tamis **V'sv** (sans vases) à 80°C, durée 24h. ;

. pesée de **V'svs** (volume sec sans vase) donnant le poids de sédiment sec sans vases = **P'sv** ;

. calcul de la teneur en vases du sédiment total :

$$Tv = (Pv / Pg + Pv) \times 100$$

$$\text{avec } Pv = (P'st - P'sv / P'sv) \times (Pg - Pf)$$

où **Pv** est le poids théorique de vases compris dans l'échantillon, sans éléments supérieurs à 2 cm, du sédiment analysé pour la granulométrie des fractions > 63 µm.

d - Teneur en fraction $> 63 \mu\text{m}$

. calcul par règle de trois à partir des valeurs en poids de chaque fraction par rapport au poids total de sédiment, sans omettre la valeur calculée Tv de pourcentage de vases.

Les résultats de pesées et de calculs de pourcentages pour chaque classe granulométrique sur chaque prélèvement analysé sont présentés par fiche en annexes, avec en parallèle leurs graphes de classement.

La classification granulométrique adoptée pour les sables est presque identique à celle de C. K. WENTWORTH (*In* SCHOLLE, 1979), à la seule différence près : partage à $200 \mu\text{m}$ et non à $250 \mu\text{m}$ entre les Sables fins et les Sables moyens, car plus conforme dans le cas présent au mode de classement des particules.

Ces données permettent aussi une caractérisation des sédiments en utilisant différents paramètres et indices :

- **Q1** = 1^{er} quartile, soit le diamètre de la fraction représentant 25% de la masse totale du sédiment ;
- **Médiane** = diamètre correspondant à 50% du poids total de l'échantillon analysé ;
- **Q3** = 3^{ème} quartile, soit le diamètre de la fraction représentant 75% de la masse totale du sédiment ;
- **Q de ϕ de Krumbein** = $\phi_{75} - \phi_{25} / 2$, avec $\phi = -\log_2 \xi$ où ξ désigne la dimension des particules en millimètre ;
- **SO de Trask** = $\sqrt{Q3 / Q1}$: cet indice de triage, aussi nommé interquartile géométrique, est un bon critère du classement des sédiments étudiés. Il indique dans une certaine mesure le mode de dépôt comme le note AUBOUIN *et al.* (1975) : "Un sédiment bien classé (**SO de Trask** $< 2,5$) est le produit d'un vannage et d'un tri complet accompli lors d'un transport généralement long (dunes éoliennes et hydrauliques, sable d'estran, ...). Au contraire, les sédiments faiblement classés ($2,5 < \text{SO de Trask} < 4$) et mal classés (**SO de Trask** > 4) sont des produits peu évolués qui ont été soumis à de courts transports n'ayant effectué aucun triage (courants de boue, formations glaciaires)" ;
- **Hé de Cailleux**, mesuré en ϕ par bandelette sur la courbe cumulative directe, donne la valeur de ϕ en fonction de l'intervalle d'ordonnées de 25% sur la ou les segments de courbe de plus forte pente. L'indice **Hé de Cailleux** présente l'avantage sur l'indice **Q de ϕ de Krumbein** d'exprimer le bon triage de la partie la plus redressée de la courbe cumulative, surtout dans le cas où il existe des courbes à deux parties redressées séparées par un palier en pente très douce et que l'ordonnée du palier est comprise entre 25% et 75% (CAILLEUX et TRICART, 1963).

e - Teneur en CaCO_3

De façon systématique, la teneur totale en CaCO_3 des sédiments, mentionnée sur les fiches d'analyse, ne tient pas compte de la fraction des vases généralement très faible (de l'ordre de quelques %, voir quelques dixièmes de %).

Pour les Sables, les mesures ont été faites uniquement sur les fractions supérieures en poids à 10 grammes, donnant ainsi une réelle représentativité de chaque classe par rapport au sédiment total. Compte tenu que les sables traités sont pour la plupart très bioclastiques, le procédé de dosage du carbonate de calcium par attaque acide a consisté en une simple pesée avant et après destruction totale du CaCO₃ :

- . pesée très précise, à 0,05 gr. près, de 10 grammes de sédiment sec ;
- . destruction totale du CaCO₃ par de l'acide chlorhydrique fumant (concentration à 37%) en excès, sous une hotte ventilée ;
- . lavage répété à l'eau du résidu d'attaque ;
- . séchage du résidu en étuve, à 80°C pendant 24 h. ;
- . pesée très précise du résidu sec ;
- . calcul de la teneur en CaCO₃, par simple soustraction.

Pour les Graviers et les Cailloux, les mesures ont été faites sur tous les résidus de tamis et par conséquent quelque soit leur pourcentage de représentativité du sédiment total :

- . tri sous la loupe entre bioclastes et lithoclastes ;
- . pesée très précise des deux fractions.

Pour le calcul de la teneur total en CaCO₃, chaque pourcentage sur Sables, Graviers et/ou Cailloux est additionné en tenant compte de la représentativité de chaque classe sur la somme totale de ces mêmes classes du sédiment total.

2.2.5 Pourcentages du recouvrement des fonds par la Crépidule (*Crepidula fornicata*)

L'usage du sonar latéral comme moyen d'étude de la répartition de la Crépidule (Mollusque gastéropode épibenthique) est devenu classique, à la suite des premiers travaux menés sur ce sujet il y a quelques années en baie de Saint-Brieuc (AUDOUIN, 1993 ; HAMON et BLANCHARD, 1994).

Mais cette méthode a ses limites au rang desquelles les deux principales sont :

1 - une impossibilité de détecter des "objets", masses de crépidules en l'occurrence, de dimension inférieure à 50 cm (limite de résolution inhérente au système DOWTY) ;

2 - une analyse de présence ou de non présence de la Crépidule très difficile sur des fonds à graviers et totalement impossible sur des fonds à cailloux, à blocs et à platiers rocheux. Sur ces aires, l'usage d'une imagerie vidéo et/ou d'un engin de prélèvement (benne, drague, ...) est indispensable.

L'étude de la distribution de la Crépidule ne peut commencer qu'après une identification géologique très précise des fonds marins (couvertures sédimentaires, figures sédimentaires, substratum rocheux). Fort de ces connaissances, la discrimination sur bande sonar des différents indices de la présence du gastéropode colonisateur est alors grandement facilitée.

La Crépidule occupe les fonds selon trois modes principaux:

- 1 - en individus ou en chaînes d'individus dispersés (voir très dispersés),

indétectables au sonar (3) ;

2 - en taches d'accumulation de chaînes d'individus de plus ou moins grande dimension qui épousent la morphologie des fonds (creux de rides et de mégarides, dépressions inter-dunes, souilles de dragages ou de panneaux de chaluts, ...). Seules les taches de dimension supérieure à 0,50 m sont alors détectables.

3 - en tapis d'accumulations massives sur de vastes étendues.

L'évaluation des pourcentages de recouvrement a été faite par trois méthodes, selon la nature des fonds :

1 - pour les fonds plus ou moins sableux, avec l'usage comparatif à vue d'une charte en pourcentage, de surfaces noires et grises, sur les sonogrammes. Les classes retenus de pourcentage de recouvrement, au nombre de huit, ont été :

- . inférieur à 1%
- . de 1% à moins de 5%
- . de 5% à moins de 10%
- . de 10% à moins de 20%
- . de 20% à moins de 30%
- . de 30% à moins de 50%
- . de 50% à moins de 70%
- . de 70% à 100%

2 - pour les fonds plus ou moins riches en graviers mais sans cailloux, une même analyse que pour les fonds sableux a été opérée avec toutefois, comme guide indispensable, les résultats du comptage faunistique issu de chaque benne ;

3 - pour les fonds à graviers et/ou à cailloux et sur les zones rocheuses, la seule prise en compte des résultats d'analyse faunistique s'est avérée utile.

2.3 Infographie

Le traitement des données a abouti au tracé d'une carte de synthèse à l'échelle du 1/20 000. Ce document a alors fait l'objet d'une saisie informatique à l'IFREMER - DEL (4), avec le logiciel de dessin "Illustrator" de MACINTOSH, pour en faire une restitution à l'échelle choisie du 1/25 000, présentée ici.

(3) Une coquille de crépidule ne dépasse guère 4 à 5 cm en longueur et une chaîne d'individus reste dans sa plus grande dimension généralement inférieure à 10 cm.

(4) Moyen de cartographie numérique automatisée avec digitalisation et scannérisation mis en oeuvre par P. BODENES, que nous remercions.

3 Nature sédimentaire des fonds

3.1 Couverture sédimentaire et substratum rocheux

La prospection au sonar latéral des fonds marins allant du nord du Cap Fréhel aux abords de Saint-Malo (Basse des Courtis / Basse des Araignées) a permis d'identifier de nombreux platiers et pointements rocheux. A l'Ouest, la Formation des grès de Fréhel affleure largement autour du banc de l'Entendrée. Au Nord, le Vieux Banc a pour ossature une remontée du substratum rocheux, et à l'Est, le socle continental se prolonge par de multiples roches à nues, entre l'île Agot et la basse des Courtis. De plus, au centre et dans la moitié nord de la zone d'étude, des pointements de roches apparaissent en de multiples endroits ; ce qui tend à révéler une faible épaisseur de la couverture sédimentaire sur ces sites.

D'une façon générale, les sédiments marins sont sujets à de grandes nuances de mélanges d'éléments en nature et en taille diverses. Si les fonds étudiés n'échappent pas à cette règle, il apparaît toutefois possible d'en faire le classement en **huit grands faciès sédimentaires (5)**.

3.2 Faciès sédimentaires

3.2.1 Sables fins

Ce type de sédiment, où domine la classe granulométrique des sables fins (63 μm à 200 μm), comporte systématiquement une fraction importante de sables moyens. Sa teneur en vases est très variable (entre 2,8% /Ech. n°65/ et 14,5% /Ech. n°31/), avec une moyenne générale à 6,3%. Le taux moyen de CaCO_3 du sédiment, sans les vases, est de 55%.

Au sonar latéral, il apparaît en gris clair, plus ou moins piqueté en fonction de l'importance de recouvrement par la crépidule.

Pour le domaine cartographié, les sables fins sont présents près du littoral, sur une faible superficie en baie de la Fresnaye (avec une colonisation d'herbiers à zostère) et en baie de l'Arguenon.

Prélèvements : **23, 31, 35A** (faciès non distingué sur la carte, car se situant dans un ensemble de Sables moyens et / ou Sables grossiers dominants, avec l'omniprésence de Gravieres), **45, 54, 62, 65** et **69**.

3.2.2 Sables moyens

Cette catégorie, qui désigne l'ensemble des sédiments à fraction dominante formée d'éléments de taille comprise entre 200 μm et 500 μm , peut être à forte tendance : soit de Sables fins, soit de Sables grossiers. La teneur en vases varie de 1,8% /Ech. n°55/ à 11,4% /Ech. n°30/, avec une moyenne générale de 4,3%. Le taux

(5) Les numéros de prélèvement renvoient le lecteur aux photographies, aux données d'analyses sédimentologiques et biologiques et aux sonogrammes présentés en Annexes (Volume 2).

en CaCO₃ est de 60%, avec un écart maximal en plus ou en moins de 10%.

Ces sédiments donnent au sonar latéral un faciès gris moyen - clair.

Les Sables moyens ont un mode de gisement en taches ou en rubans, présents proche de la côte, entre l'ouverture de la baie de la Fresnaye et le platier rocheux de l'île Agot. Au large, au delà de l'isobathe des 20 m, ces dépôts se retrouvent disséminés en traînées de longueurs pluri-hectométriques.

Prélèvements : **24A, 25, 28, 29, 30, 33, 38, 46, 55 et 68.**

3.2.3 Sables moyens et / ou Sables grossiers dominants, avec l'omniprésence de Graviers

Cet ensemble sédimentaire regroupe tous les faciès à fraction granulométrique dominante comprise entre 200 µm et 2 000 µm, auquel s'additionne un pourcentage élevé (25% en moyenne) de graviers (éléments de 2 mm à 2 cm, et dont l'appellation ne fait en rien référence à leur nature qui peut être aussi bien terrigène que biogène). La teneur en vases n'est que de quelques pourcents, avec une valeur moyenne de 2,5%. Le taux en CaCO₃ du sédiment total des sables moyens dominants est pratiquement semblable à celui des Sables moyens mentionné ci-avant, soit de 60% avec un écart maximal en plus ou en moins de 10%. Pour les sables grossiers dominants le taux moyen est un peu plus élevé : 70%.

Les écho-faciès sonar sont en règle générale de teinte gris moyen - foncé.

Ces sédiments couvrent près du quart de la zone prospectée, depuis la pointe de la Latte jusqu'au secteur du large de l'île Agot, et constituent à l'Ouest l'important prolongement vers le Sud-Est du banc de l'Entendrée ainsi qu'un vaste placage situé à 2 500 m au large de la pointe de Saint-Cast. A l'Est, un seul profil sonar a permis de reconnaître ce même type de sédiment sur les fonds du chenal d'accès au port de Saint-Malo.

Prélèvements : **17, 20, 21, 26A, 26B, 32, 34, 35B, 37, 41, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 66A, 67 et 70.**

3.2.4 "Maërl"

"On désigne par "Maërl" un dépôt sédimentaire meuble composé en majorité d'algues calcaires, bien conservées ou en débris, appartenant à la famille des Corallinacées. Celles-ci se présentent sous la forme d'arbuscules libres et se reconnaissent facilement, à l'état vivant, par leur couleur "lie de vin" en surface. Les algues mortes sont ternes et de couleur pâle. Différents types sont connus. En Bretagne, le plus commun est *Lithothamnion*, et notamment les espèces *L. calcareum* et *L. corallioides*. Les accumulations composées essentiellement d'algues sont rares. Elles contiennent toujours d'autres éléments en proportion variable : coquilles, graviers, sables et vases" (AUGRIS, 1995).

Ce type de sédiment est à dominante granulométrique de sables grossiers et de graviers (valeur moyenne 30%), avec une teneur en vases faible, jamais supérieure à 2,3%. Son taux en CaCO₃ est relativement constant, voisin de 72% ± 10%.

Au sonar latéral, il se distingue aisément par l'omniprésence de mégarides, de longueur d'onde inférieure à 2 m, qui structurent sa surface. L'écho-faciès est de teinte gris foncé.

Le mode de gisement du "Maërl" est soit en rubans, à l'ouverture de la baie de la Fresnaye, soit en vastes placages linguiformes, entre la pointe de Saint-Cast et le large de l'île des Hébihens.

Prélèvements : **24B, 27, 36, 42, 43 et 44.**

3.2.5 Gravier, à Sables grossiers (sans Cailloux)

Ces sédiments ne contiennent pas (ou très peu) d'éléments de tailles supérieures à 2 cm. Leur pourcentage en sables grossiers est toujours très marqué, de 29% en moyenne. La teneur en vases varie peu, de 0,8% /Ech. n°50/ à 3,6% /Ech. n°5/, pour une valeur générale proche de 2%. En revanche, la teneur en CaCO₃ est très changeante, entre un minimal voisin de 40% /Ech. n°3/ jusqu'à un maximal proche de 75% /Ech. n°5/. On note toutefois dans ce type de dépôts, une présence constante de débris d'algues calcaires du genre *Lithothamnion*.

Les sonogrammes sont d'une teinte généralement gris moyen-foncé.

Cet ensemble sédimentaire occupe une large zone au centre du domaine cartographié, qui s'étend d'Ouest en Est, de la pointe de la Latte au nord-nord-ouest des Courtis.

Prélèvements : **2, 3, 5, 10, 12, 13, 19, 22, 47, 49, 50, 51 et 72.**

3.2.6 Gravier, à Sables grossiers et Cailloux

Ces dépôts sont quelque peu semblables aux précédents, avec pour seule différence d'être mélangés à une fraction notable de cailloux (éléments de taille comprise entre 2 et 20 cm). Cette dernière fraction est généralement détritique terrigène ; ce qui fait chuter la teneur en CaCO₃ du sédiment total à une valeur moyenne d'environ 49%.

Au sonar latéral, ces dépôts apparaissent en gris foncé.

Trois secteurs sont couverts par ce faciès sédimentaire : l'ouverture de l'anse des Sévignés ; une large zone située nord-est de la pointe de la Latte ; un petit secteur du large à la longitude de la pointe de la Garde Guérin.

Prélèvements : **1, 4, 11, 15 et 16.**

3.2.7 Gravier et Cailloux

Ces deux fractions granulométriques réunies forment en moyenne plus de 75% du sédiment total, avec une teneur en vases très faible (inférieure à 1%). Le taux en CaCO₃ peut varier globalement entre 20% et 50%.

Le faciès sonar de ce type de dépôts est de teinte gris foncé à très foncé.

L'ensemble sédimentaire des graviers et cailloux occupe près de la moitié du domaine d'étude, en secteurs : premièrement, toute la partie du grand large de part et d'autre du Vieux Banc ; en second, tous les pourtours du platiers rocheux entre l'île Agot au Sud-Ouest et les Courtis au Nord-Est.

Prélèvements : **9, 14, 40, 48 et 71.**

3.2.8 Cailloux

Dans ce type de dépôts, les éléments de taille inférieure à 2 cm ne représentent jamais plus de 20% du sédiment total, avec une teneur en vases très faible (inférieure à 1%). La caractéristique de ce sédiment est d'être presque entièrement terrigène, d'où une très faible teneur en CaCO₃ d'origine bioclastique, de l'ordre de 5%.

Au sonar latéral, les écho-faciès sont gris très foncé.

Les cailloux, en tant que type de dépôts, couvrent les fonds occidentaux du

domaine cartographié : du large de la pointe de la Latte aux abords du cap Fréhel.

Prélèvements : 6, 7, 8 et 39.

3.3 Figures sédimentaires

Grâce aux données précises fournies par le sonar latéral, la forme et l'orientation des figures d'accumulation sédimentaire sont maintenant bien identifiées sur ce domaine du pré littoral des Côtes d'Armor et de l'Ille-et-Vilaine. En nombre toutefois limité, de par le caractère général peu mobile des sédiments (dominante de graviers et de cailloux), ces figures se divisent classiquement en deux grandes catégories : soit longitudinales quant elles sont parallèles aux directions du transport sédimentaire ; soit transversales dans le cas contraire.

3.3.1 Figures longitudinales

a - Les traînées sableuses

Elles sont constituées de Sables moyens et s'observent généralement dans les secteurs à faible stock de sédiments mobiles, comme au Nord-Ouest et au Nord-Est, au delà de l'isobathe des 20 m. Ces figures sont de très précieux indicateurs des directions de courant de marée.

b - Les rubans

Ce terme désigne les multiples formes prises principalement par les placages de "Maëri" et de Sables moyens dans les secteurs proches du littoral, de l'ouverture de la baie de la Fresnaye à l'île Agot. La direction principale d'allongement des rubans se différencie très nettement d'Ouest en Est car elle reste sous l'influence des courants de marée qui eux-mêmes sont orientés diversement en fonction du découpage changeant du trait de côte et de la présence de multiples hauts-fonds.

c - Les bancs

Les bancs, identifiés comme forme d'accumulation sédimentaire (Sables moyens et / ou Sables grossiers dominants) de grande amplitude, sont au nombre de quatre. A l'Ouest, le banc de l'Entendrée avec son grand prolongement bifide vers le Sud-Est ainsi que le banc de l'anse des Sévignés mobilisent la totalité des sédiments mobiles de ce secteur. Au nord de la pointe de Saint-Cast, le banc des Bourdinots prend appui sur les avancées rocheuses du littoral. A l'Est, à l'embouchure de la Rance, le chenal d'accès au port de Saint-Malo est modelé par une forte accumulation de sédiments meubles.

Toutes ces accumulations sont façonnées par des mégarides de longueur d'onde supérieure à 2 m (Cf. § 3.3.2).

3.3.2 Figures transversales

Les rides sont les figures sédimentaires transversales les plus élémentaires, avec une longueur d'onde ne dépassant pas conventionnellement 0,6 m et une amplitude maximale voisine de 5 cm. La présence et la forme prises par les rides dépendent d'une part de la granulométrie des sédiments (rares sur Graviers, les rides sont inexistantes sur Cailloux) et d'autre part de la puissance des agents hydrodynamiques sur chaque site. En milieu marin, l'observation de ces structures ne peut se faire que grâce à l'usage d'une vidéo sous-marine ou en plongée, car leurs

dimensions sont inférieures au pouvoir de résolution du sonar latéral. De ce fait, la cartographie de la présence ou non de champs de rides n'a pas pu être entreprise dans le cadre de cette étude compte tenu des moyens mis en oeuvre (Cf. § 2.1.2).

Au delà de 0,6 m et jusqu'à plus d'une dizaine de mètres de longueur d'onde, pour des amplitudes de l'ordre de quelques décimètres, on qualifie les structures de mégarides.

a - Les mégarides de longueur d'onde inférieure à 2 m

Ces figures sont systématiquement observées sur les sédiments de type "Maërl", avec une valeur régulière de longueur d'onde entre 1 et 2 m. Avec une symétrie parfaite de leur profil transversal, ces formes résultent d'une mise en mouvement des dépôts lors d'agitations dues aux houles.

b - Les mégarides de longueur d'onde supérieure à 2 m

Elles existent principalement sur les accumulations de Sables moyens et / ou de Sables grossiers dominants, tels que les bancs (Figurations symboliques d'orientation données sur la Carte hors-texte). Leurs profils transversaux dissymétriques indiquent une forte dépendance de ces dernières à l'action des courants de marée. Au large, des structures analogues, mais de moins grandes amplitudes, ont été observées sur les fonds à graviers.

4 Recouvrement des fonds par *Crepidula fornicata*

4.1 Zones à très faible recouvrement

4.1.1 Recouvrement inférieur à 1%

Sur les zones très faiblement colonisées par la crépidule, globalement du large jusqu'à l'isobathe des 15 m, et qui de plus sont riches en Gravier et Cailloux, l'évaluation du pourcentage de recouvrement s'avère difficile. Comme déjà énoncé (Cf. § 2.2.5), la seule source d'information est la prise en compte des résultats de comptages faunistiques sur les prélèvements à la benne. Les crépidules récoltées ne représentent que quelques unités.

Prélèvements doubles (A et B) sur stations : 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 36, 37, 47, 50, 51, 52, 53 et 58.

4.1.2 Recouvrement de 1% à moins de 5%

Un faible accroissement du pourcentage de recouvrement des fonds par la crépidule s'observe aux abords du littoral, entre l'embouchure de la baie de la Fresnaye et de celle de la baie de Lancieux, et sur les parages des fonds rocheux situés à l'Est. Dans ce dernier secteur, les prélèvements à la benne sont restés encore le seul moyen pour détecter la présence de la crépidule. Le nombre de gastéropodes récoltés par station sur ces fonds reste au rang : soit, de quelques unités; soit, au maximum de quelques dizaines d'individus.

Sur les autres fonds, à Sables moyens et / ou grossiers, l'outil sonar a pu rendre l'image d'un milieu très faiblement colonisé, avec un faciès sonar dit "piqueté" (Cf. Annexes : Planche A).

Prélèvements doubles (A et B) sur stations : 5, 20, 21, 23, 27, 28, 30, 32, 33, 41, 42, 44, 45, 46, 48, 49, 56, 57, 60, 63 et 75.

Prélèvement (A) sur station : 24.

4.2 Zones à faible recouvrement

4.2.1 Recouvrement de 5% à moins de 10%

Le pourcentage de recouvrement des fonds par la crépidule augmente véritablement sur trois secteurs :

a) A l'embouchure de la baie de la Fresnaye, autour de l'isobathe 3 mètres, sur un fond de Sables moyens (Cf. Annexes : Planche B) où de plus une petite concentration s'observe en bordure des rubans de "Maërl" ;

b) A l'ouverture de la baie de l'Arguenon, entre l'avant port de Saint-Cast et le nord-ouest de l'île des Hébihens, sur des fonds à Sables moyens et / ou grossiers, avec l'omniprésence de Gravier ;

c) Du nord-nord-est de l'île des Hébihens à l'île de Cézembre, sur des fonds essentiellement à Gravier et Cailloux. La densité dans l'axe du chenal d'accès au port de Saint-Malo reste toutefois sujette à caution à la seule vue des enregistrements sonar, non "calibrés" par des prélèvements.

Le nombre d'individus prélevés par station varie de 0 à 325 (Prélèvement 72B) ; ce maximum faisant tout de même figure d'exception, la moyenne se situant autour de quelques dizaines d'individus.

Prélèvements doubles (A et B) sur stations : 25, 38, 39, 40, 55, 59, 64, 68, 69, 70, 71 et 72.

Prélèvement (A) sur station : 73.

4.2.2 Recouvrement de 10% à moins de 20%

Ces pourcentages de recouvrement n'apparaissent actuellement qu'au sud d'une ligne allant de la pointe de la Latte à la pointe de la Haye, donc sur des fonds essentiellement sableux. Cette accroissement de densité se manifeste clairement par un regroupement notable des chaînes d'individus en taches d'extension métrique (Cf. Annexes : Planche C).

La moyenne du nombre d'individus prélevés de 115 est en nette augmentation par rapport aux secteurs précédents, avec un maximum de 495 sur la station 34A. Mais ces valeurs restent aléatoires par l'usage d'un outil tel que la benne Hamon ; comme le montre la station 62 où le prélèvement A donne 114 individus alors qu'aucune crépidule n'est prélevée en B.

Prélèvements doubles (A et B) sur stations : 22, 26, 34, 61 et 62.

4.3 Zones à recouvrement moyen, de 20% à moins de 30%

Seules trois zones atteignent de tels pourcentages :

- a) A l'ouest de l'ouverture de la baie de la Fresnaye ;
- b) Au centre septentrional de la baie de l'Arguenon ;
- c) Au nord-est de l'île des Hébihens, dans l'axe de la baie de Lancieux.

Ces trois zones se situent à l'abri de caps ou de platiers rocheux d'orientation sud-ouest / nord-est, sur des secteurs profonds de 3 à 5 m.

La prospection au sonar montre (Cf. Annexes : Planche D) des taches de crépidules sans organisation précise ; car sur ces zones les gastéropodes ne sont jamais soumis à de très forts mouvements de masse d'eau (Cf. § 1.2).

Prélèvements doubles (A et B) sur stations : 29, 35 et 54.

4.4 Zones à très fortes concentrations, de 70% à 100%

Sur le domaine étudié, le recouvrement des fonds par la crépidule en très forte concentration fait figure d'exception. Deux très petits secteurs, longilignes de 100 m sur 25 m, ont été répertoriés : l'un, à l'embouchure de la baie de la Fresnaye ; l'autre, aux abords immédiats du haut-fond des Bourdinots. Ces surfaces impactées prennent un contour en partie festonné sur des fonds à mégarides, servant d'abri aux chaînes de crépidules (Cf. Annexes : Planche E).

Les prélèvements 24B, 43A et 43B effectués en limite de zones, avec une moyenne d'individus récoltés de 56, ne sont pas représentatifs de la densité de crépidules au sein de ces concentrations.

Conclusion

Cette étude a permis une identification sédimentologique précise des fonds marins entre le cap Fréhel et les abords de Saint-Malo : en confirmant l'omniprésence de sédiments riches en graviers et/ou en cailloux ; les sables fins à grossiers n'occupant qu'une faible superficie à l'approche des côtes occidentales et méridionales.

Pour la Crépidule, globalement les fonds marins sont très peu ou pas colonisés sur les zones du large jusqu'à l'isobathe des 15 mètres. En fait, seule une bande côtière, allant de l'embouchure de la baie de la Fresnaye aux abords de l'île de Cézembre, est affectée par une colonisation faible (de 5% à 20%) à moyenne (de 20% à 30%). Cette colonisation reste somme toute réduite en comparaison notamment avec celles connues en baie de Cancale (BLANCHARD et YOUENOU, 1993) et en baie de Saint-Brieuc (HAMON et BLANCHARD, 1994).

Références

- ALLEN H.** (1977) - Analyse statistique de mesures de houle en différents sites du littoral français. *EDF / LNH*, édition n° 3.
- ALLEN H.** (1982) - Mesures de houle en différents sites du littoral français. *EDF/LNH*, édition n°5, 18 p., 4 Fig., 424 planches.
- AUBOUIN J., BROUSSE R. et LEHMAN J.-P.** (1975) - Précis de géologie 1 : Pétrologie. *2^{ème} Edition BORDAS*, 717 p..
- AUDOUIN M.** (1993) - Distribution quantitative de la crépidule en baie de Saint-Brieuc, sur la base d'une exploitation de données sonar et vidéo sous-marine. *Rapport IFREMER, DEL*, 18 p. + annexes.
- AUGRIS C.** (1995) - Schéma de Mise en Valeur de la Mer : Baie de Saint-Brieuc et Trégor-Goëlo (Côtes d'Armor). Etude sur les extractions de matériaux marins. *Rapport IFREMER pr. la DDE des Côtes d'Armor*, 55 p., 14 cartes hors-texte.
- AUGRIS C., HAMON D., MAZE J.-P., BONNOT-COURTOIS Ch., GARREAU P., GUENOC P., GUENOLE A. et HOULGATTE E.** (1996) - Atlas thématique de l'environnement marin en baie de Saint-Brieuc. *Edition IFREMER*, 65 pages, 21 cartes.
- AUGUSTIN J.-M.** (1985) - Logiciel de traitement des images acoustiques des sonars latéraux. *Rapport interne IFREMER / DIT - DI - DLS*.
- BERNE S., AUGUSTIN J.-M., BRAUD F., CHENE G. et WALKER P.** (1986) - Cartographie et interprétation de la dynamique sédimentaire des plates-formes continentales : améliorations de la technique d'observation par sonar latéral. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), t. II, n° 3, pp. 437-446.
- BLANCHARD M. et YOUENOU G.** (1993) - Evaluation quantitative de la crépidule (*Crepidula fornicata*) en baie de Cancale. *Rapport IFREMER, DEL* 93.20.
- BOUVIER P.** (1993) - Morphogenèse et morphosédimentologie des vastes estrans plans en Bretagne septentrionale. *Thèse Doct. nouv. régime*, U.B.O. Brest.
- CAILLEUX A. et TRICART J.** (1963) - Initiation à l'étude des Sables et des Galets. *Paris*.
- DAGORNE A.** (1966) - Contribution à l'étude géomorphologique et sédimentologique du littoral de la région de Dinard - Saint-Briac (Ille et Vilaine). *Thèse 3^{ème} cycle*, 373 p..
- DAGORNE A.** (1968) - Le sud du Golfe normand-breton : Carte sédimentologique des fonds détritiques du pré-littoral et Répartition du calcaire organogène total. *Documents inédits du Lab. de Géomorphologie de Dinard*, cartes en n./b. (sans notice explicative).
- GARREAU P.** (1993 a) - Conditions hydrodynamique sur la côte Nord-Bretagne. *Rapport IFREMER, DEL*/93-02.
- GARREAU P.** (1993 b) - Hydrodynamics of the North Brittany coast : a synoptic study. *Oceanologica Acta*, Vol. 16, n° 5-6, pp. 469-477.
- HAMON D. et BLANCHARD M.** (1994) - Etat de la prolifération de la Crépidule (*Crepidula fornicata*) en baie de Saint-Brieuc. *Rapport IFREMER, DEL*/94.14, 29 p..
- KERRIEN Y.** (1972) - Carte géologique de la France à 1/320 000 : RENNES - CHERBOURG. *BRGM*, Feuilles 7 - 12, 2^{ème} édition.
- L. C. H. F.** (1984) - Golfe normano-breton - Etude du régime de l'agitation : Approche

- des agitations du large. *Rapport de contrat pour le CNEXO.*
- LE DREZEN E.** (1988) - Le dépouillement des données sonar latéral à l'IFREMER. Utilisation du logiciel "Trias". *Rapport IFREMER, DERO / GM 88-17.*
- LE FORT J.-P.** (1975) - Le socle périarmoricain. Etude géologique du socle submergé à l'Ouest de la France. *Thèse Dr. es Sc., Rennes, 217 p..*
- LE HIR P., BASSOULET P., ERARD E., BLANCHARD M., HAMON D., JEGOU A.-M. et I.R.I.E.C.** (1986) - Etude Régionale Intégrée du Golfe Normano-Breton, Volume 1 : Présentation de l'étude, hydrodynamique et sédimentologie. *Rapport IFREMER/DERO-86.27-EL, 265 p..*
- RUELLAN F., BEIGBEDER Y. et DAGORNE A.** (1967) - Répartition des fonds sédimentaires détritiques dans la partie méridionale du golfe normand-breton (au Sud du parallèle de 48° 46' 48" - 54G 20'). *C. R. Acad. Sc., Série D, t. 264, pp. 1580-1583.*
- RUELLAN F., BEIGBEDER Y. et DAGORNE A.** (1972) - Les feuilles de Saint-Malo et de Saint-Brieuc de la carte sédimentologique des fonds marins. *Mémoire du B.R.G.M. n°79, pp. 281-292.*
- SCHOLLE P.-A.** (1979) - A color illustrated guide to constituents, textures, cements and porosities of sandstones and associated rocks. *AAPG Memoir 28, 201 p..*
- VAUCOURT C.** (1988) - Morphologie et sédimentologie littorales dans la baie de Lancieux et l'estuaire de l'Arguenon (Côtes du Nord). *Mémoire de Maîtrise, Université Paris-Sorbonne, 165 p..*
- VAUCOURT C.** (1990) - Dynamique littorale et sédimentation infratidale dans le secteur de Saint-Jacut-de-la-Mer (Côtes d'Armor). *DEA géomorphologie et aménagement des littoraux, Lab. de Géomorphologie Dinard, Univ. de Bretagne Occidentale, 134 p..*
- WEBER O.** (1989) - Utilisation et intérêt de l'emploi du sonar latéral sur le plateau continental. Cours intensif européen ; connaissance et gestion de la frange littorale et du proche plateau continental. *AESTM Strasbourg, pp. 333-356.*

Carte hors-texte

CARTE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS DES MARINS ET DE LA REPARTITION DE LA CREPIDULE

ENTRE LE CAP FREHEL ET LES ABORDS DE SAINT-MALO

par M. BLANCHARD (IFREMER) et E. HOULGATTE (Cabinet d'Etude)

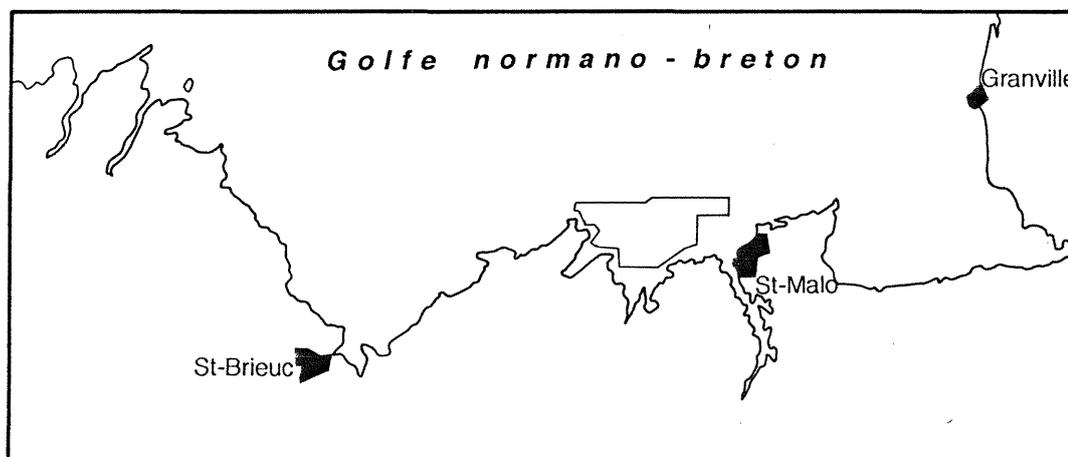
Infographie : P. BODENES (IFREMER)

Echelle : 1 / 25 000 (N48° 38')

Projection de Mercator
Ellipsoïde d'Hayford (Géoïde ED 50)

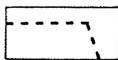
Ce document a été élaboré à la suite des travaux océanographiques du NO/GWEN DREZ lors de la campagne "CREPE 1" effectuée par l'IFREMER - Centre de Brest / Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, durant la période du 20 au 28 juillet 1995.

Le trait de côte et les isobathes sont empruntés aux cartes 5646 et 7130 du SHOM
(Service Hydrographique et Océanographique de la Marine)

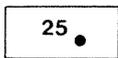


Edition 1996

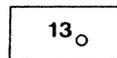
IFREMER



Limite du domaine étudié



Station de prélèvements, sans analyse sédimentologique

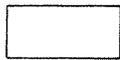


Station de prélèvements, avec analyses sédimentologiques

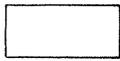
Biologie

Crépidule (*Crepidula fornicata*)

Pourcentages de recouvrement des fonds



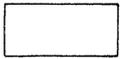
inférieur à 1%



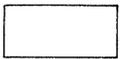
de 1% à moins de 5%



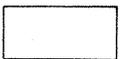
de 5% à moins de 10%



de 10% à moins de 20%

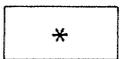


de 20% à moins de 30%

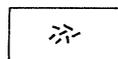


zone à très forte concentration (entre 70% et 100%)

Algues calcaires



Indice de *Lithothamnion* vivant



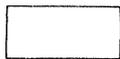
Indice d'arbuscules morts de *Lithothamnion*, en quantité importante

Géologie

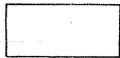
Couverture de sédiments meubles



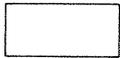
Sables fins



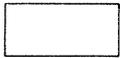
Sables moyens



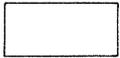
Sables moyens et /ou Sables grossiers dominant, avec l'omniprésence de Graviers



"Maërl"



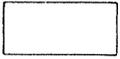
Graviers, à Sables grossiers (sans Cailloux)



Graviers, à Sables grossiers et Cailloux



Graviers et Cailloux



Cailloux

Figures sédimentaires



Mégarides de longueur d'onde supérieure à 2 mètres



Traînée sableuses

Substratum rocheux

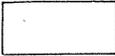


Roches indifférenciées

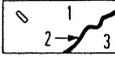
Morphologie

20 15 10 5 0

Isobathes en mètres



Limite de danger



1 : Estran ; 2 : Trait de côte ; 3 : Domaine terrestre