



UNIVERSITE DE CAEN  
CENTRE REGIONAL  
D'ETUDES COTIERES

Laboratoire de  
Géologie Marine

CONSEIL  
GENERAL  
DE LA  
MANCHE

# ETUDE GLOBALE CONCERNANT LA DEFENSE CONTRE LA MER

## SYNTHESE DES ETUDES

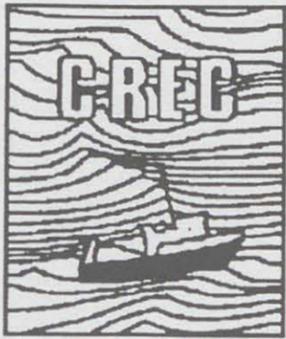
**Franck LEVOY**  
Ingénieur d'études  
Responsable technique

**Claude LARSONNEUR**  
Responsable Scientifique

JUILLET 1994

SAB  
RES





UNIVERSITE DE CAEN

CENTRE REGIONAL  
D'ETUDES COTIERES

Laboratoire de  
Géologie Marine

CONSEIL  
GENERAL  
DE LA  
MANCHE

DREAL NORMANDIE  
SMCAP/BARDO  
N° d'inventaire : 6977



# ETUDE GLOBALE CONCERNANT LA DEFENSE CONTRE LA MER

SYNTHESE DES ETUDES

Franck LEVOY  
Ingénieur d'études  
Responsable technique

Claude LARSONNEUR  
Responsable Scientifique

JUILLET 1994

## SOMMAIRE

INTRODUCTION	p 5
A/ PRESENTATION GENERALE DE LA CÔTE OUEST DU COTENTIN	p 10
B/ EVOLUTION PASSEE ET ACTUELLE DE LA CÔTE DU COTENTIN	p 22
C/ ANALYSE DES RISQUES D'EROSION ET DE SUBMERSION	p 36
D/ L'ETUDE DU MILIEU NATUREL	p 63
E/ ELEMENTS DE DEFINITION D'UNE POLITIQUE GLOBALE D'AMENAGEMENT DE PROTECTION CONTRE LA MER	p 94
CONCLUSIONS GENERALES	p 114
ANNEXES	p 116
TABLE DES MATIERES	p 139

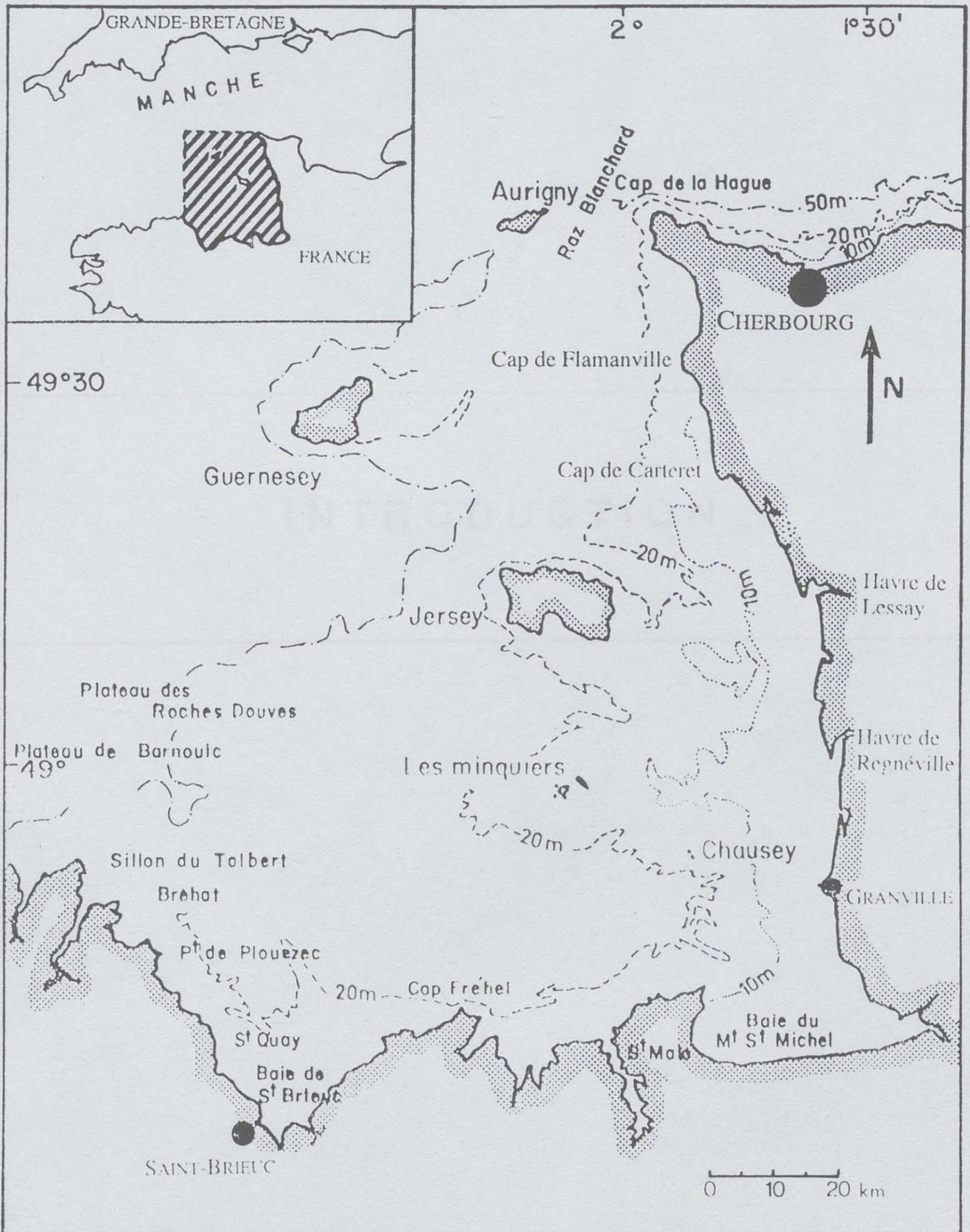


Figure 1

# INTRODUCTION

## INTRODUCTION

Du fait de leur situation, les côtes du département de la Manche subissent fréquemment des tempêtes particulièrement violentes (fig.1). Par exemple, en février 1990, la conjonction entre une marée de coefficient 108 et un vent de mer de plus de 150 km/h a provoqué des dégâts considérables sur la côte ouest du Cotentin. La surcote météorologique a atteint 1.10 m. Le recul des dunes a dépassé 20 m sur certains sites. Plusieurs hectares de terre ont été envahis par les eaux marines.

Ces phénomènes sont connus depuis longtemps le long des côtes du département de la Manche. De nombreuses maisons ont été détruites par les flots, notamment lors des grandes tempêtes de 1967, 1974, 1978 et 1984 (fig.2).

Le problème de la défense contre la mer est un sujet de première importance pour le Conseil Général de la Manche, qui chaque année doit dépenser plusieurs millions de francs pour protéger ses côtes.

Depuis les années 60, date à laquelle les premiers grands travaux de défense contre la mer ont été entrepris, les actions de protection côtière, ont été menées au coup par coup. Les travaux étaient effectués essentiellement après chaque tempête. Il n'existait alors aucune politique préventive concernant les travaux de défense contre la mer.

En 1988, le Conseil Général de la Manche a décidé de mener une nouvelle politique en matière de protection contre la mer, en se prononçant, au préalable, en faveur d'une étude globale qui intègre, à la fois, une analyse économique des problèmes de protection contre la mer, une étude du milieu naturel et une étude technique.

Ce programme vise à mieux définir les ouvrages de défense contre la mer en fonction des caractéristiques et de l'évolution du milieu naturel et en tenant compte de la valeur des biens potentiellement menacés. Sa finalité est de programmer les travaux de défense contre la mer à moyen terme, afin d'éviter des surcoûts liés aux interventions d'urgence, encore trop souvent pratiquées.

## LES PRINCIPAUX OBJECTIFS

Les principaux objectifs de ce programme sont les suivants:

- mener une **action préventive** vis-à-vis de l'impact des tempêtes et ne pas continuer une politique de travaux au coup par coup en matière de protection contre la mer.

- s'attacher à **définir les causes principales de l'érosion** pour mieux combattre le phénomène.

- **adapter les aménagements de protection contre la mer aux conditions hydrodynamiques** de chaque site concerné afin d'éviter des surcoûts liés à une mauvaise définition du type et du dimensionnement de l'ouvrage à mettre en place.

- prendre en compte le problème de la **défense contre la mer en terme de risque**, c'est-à-dire en adaptant les mesures de protection et de prévention à la valeur des biens qui sont susceptibles d'être détruits ou endommagés.

- aboutir à une **programmation des opérations de protection** contre la mer à moyen terme, basée sur la définition de priorités d'intervention en fonction du degré de vulnérabilité auquel chaque site peut être soumis.

## LE DETAIL DU PROGRAMME D'ETUDES

Pour aboutir à ces résultats, ce programme d'étude repose sur **trois phases d'analyses** (fig.3):

### 1 - la phase économique:

A partir de documents et de données historiques, il convient de localiser des **zones à risques d'érosion et de submersion** à l'échéance du siècle prochain.

Un **inventaire des biens menacés** dans ces zones et un **calcul de la valeur dommageable** a ensuite été effectué. Ces résultats sont **traduits cartographiquement** en tenant compte de l'urbanisation future de la côte, sur la base des P.O.S. des communes littorales.

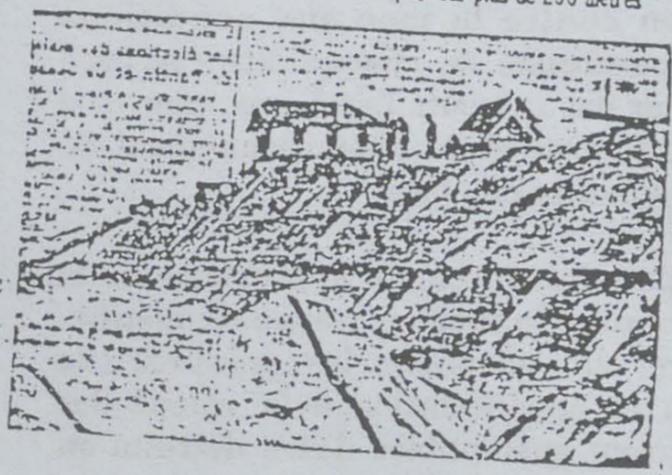
# LA MER A GAGNÉ LA BATAILLE DE LA TOUSSAINT 1967

L'AGONIE D'UN CHALET à Saint-Martin-de-Bréhal

Elle a conquis du terrain en différents points de la côte ouest du Cotentin

Après la côte est, la côte ouest de notre département est ravagée par la tempête

La digue d'Hautteville-sur-Mer est rompue sur plus de 200 mètres



# TEMPÊTE SUR L'OUEST Le vent et la mer ruent à l'assaut des côtes

DEAUVILLE, COUFAINVILLE, SAINT-MALO LA BAIE DE SAINT-BRIEUC, QUIBERON PARTICULIÈREMENT TOUCHÉS

# PLAN ORSEC DANS LA MANCHE

La tempête a causé de graves dégâts sur la côte Ouest à Hautteville-sur-Mer, Saint-Martin-de-Bréhal et Coutainville. D'importants moyens mis en œuvre pour lutter contre la menace des flots.

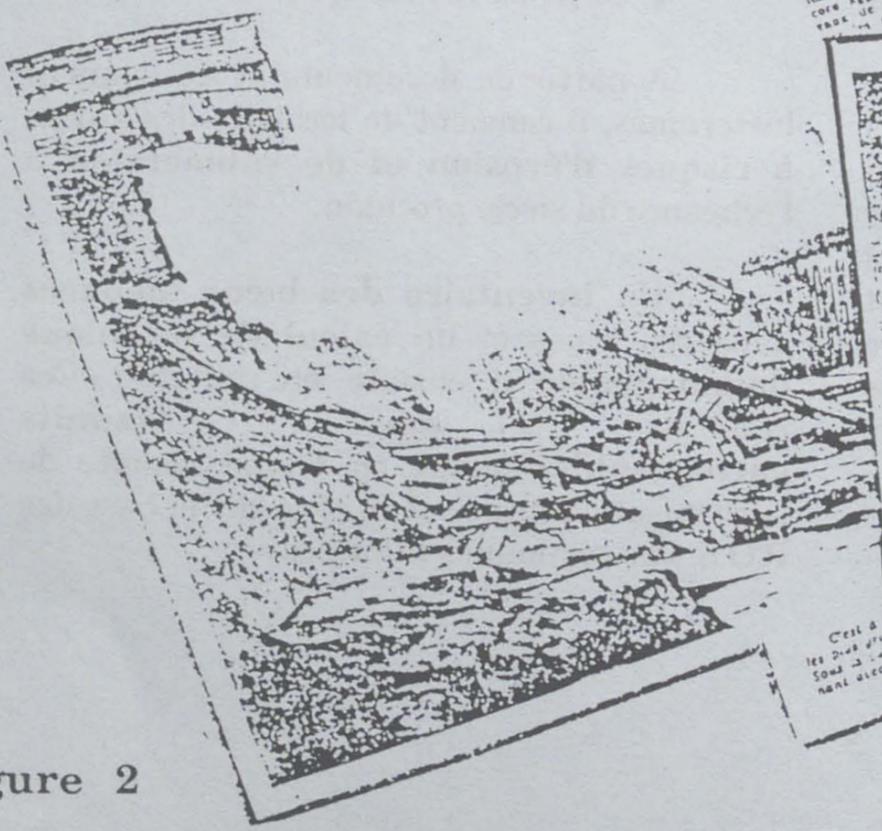


# LA TEMPÊTE DANS LA MANCHE

Graves dommages à St-Martin-de-Bréhal 14 villas s'écroulent sur la plage

SIX AUTRES GRAVEMENT MENACÉES

La tempête qui a fait rage ces jours-ci sur la côte Ouest de l'océan a causé de nombreux dégâts dans la nuit de jeudi à vendredi. Bien que la mer ait diminué sensiblement, le travail de sape commence les jours prochains à côté des zones gravement menacées. Les pompiers ont travaillé toute la nuit.



# VIOLENTE TEMPÊTE sur le Nord Cotentin

Mer démontée, pointes de vent de 120 km-h. Tornade à Reville

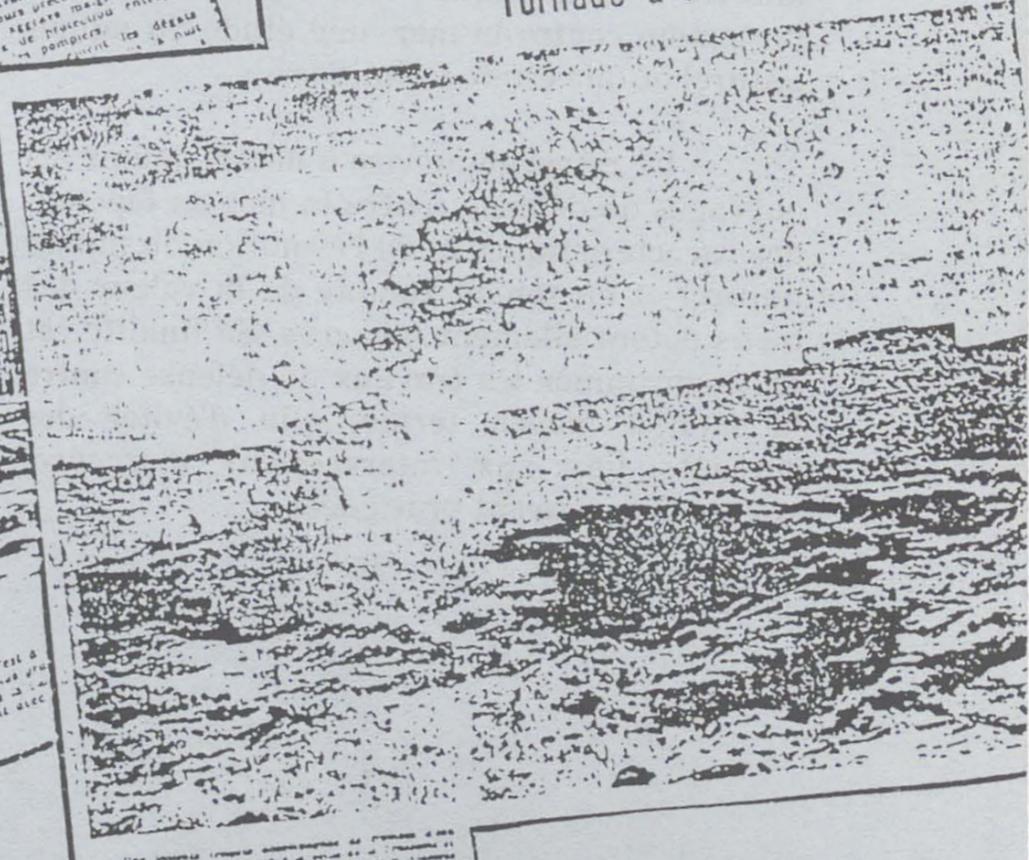


Figure 2

Une **analyse de la rentabilité des investissements** est réalisée à partir de ces résultats en tenant compte du coût des ouvrages de protection et des dommages prévisibles. Ces informations constituent des éléments d'aide à la décision pour choisir les sites d'intervention prioritaire et justifier les investissements.

## 2 - la phase d'étude du milieu naturel:

Son objectif est de définir la **circulation des sédiments sur les plages** de la côte ouest du Cotentin en fonction de la variabilité des conditions météorologiques et océanographiques. Ces mouvements sédimentaires conditionnent directement l'évolution du trait de côte.

Des campagnes de mesures sur le terrain ont été réalisées mensuellement afin de **quantifier les transports sédimentaires** à l'aide de techniques de traceurs et de pièges à sédiments. En parallèle, les **conditions de courants, de houles et de vents** ont été mesurées à l'aide de différents capteurs.

La connaissance du fonctionnement de l'environnement sédimentaire côtier passe également par une **modélisation des processus physiques et des transports de matériaux associés**. Les données recueillies sur le terrain sont utilisées comme des conditions initiales dans les modèles numériques, mais également comme des éléments de validation pour les simulations réalisées.

Un **suivi de l'évolution de la côte**, comportant près d'une centaine de stations-repères, est également en place. Il permet d'apprécier les zones sensibles à l'érosion et d'orienter la définition des priorités pour les futurs aménagements de défense contre la mer.

## 3 - la phase technique:

Elle consiste à **définir les ouvrages et les aménagements** de protection contre la mer en tenant compte de l'évolution des plages à court et moyen terme. Elle repose sur une bonne connaissance des caractéristiques de l'environnement littoral (mesures de houles, fluctuations altimétriques des plages, mouvements sédimentaires...).

La conception des ouvrages est alors **intégrée à l'environnement sédimentaire** côtier; afin de réduire les impacts négatifs. Le **cadre de l'aménagement** de protection s'inscrit au sein d'une **unité morpho-sédimentaire homogène**.

Cette phase d'étude aboutit à des **propositions d'aménagements de protection** contre la mer combinant différentes techniques adaptées à chaque environnement local. Des **mesures de prévention** sont également proposées afin de réduire à la fois les phénomènes d'érosion observés sur certains sites, mais également, limiter la vulnérabilité des terrains côtiers en maîtrisant l'urbanisation.

## LES ACTEURS DE CE PROGRAMME

Ces études ont été confiées au Laboratoire de Géologie marine du Centre Régional d'Etudes Côtières de l'Université de Caen. Elles ont été financées par le Conseil Général de la Manche, avec l'aide du Conseil Régional de Basse-Normandie. Cette action est soutenue par différents organismes d'Etat qui ont apporté leur contribution matérielle ou financière, comme les services de l'Équipement du département de la Manche, le Service Technique Central des Ports Maritimes et Voies Navigables, le Service Technique des Phares et Balises, la Délégation aux Risques Majeurs du Ministère de l'Environnement, l'Ifremer, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine et Météo-France.

L'équipe du Laboratoire de Géologie marine de l'Université de Caen qui a mené ce projet est composée de:

- Olivier MONFORT, ingénieur hydraulicien;

- Hélène ROUSSET, informaticienne;

- Patrice BRETEL, ingénieur d'études;

- Olivier LABOMME, technicien supérieur, sous la responsabilité technique de Franck LEVOY et la direction scientifique du Professeur Claude LARSONNEUR. A cette équipe, il convient d'ajouter le soutien du personnel technique de la Station marine de Luc-sur-mer.

ETUDE GLOBALE CONCERNANT LA DEFENSE CONTRE LA MER

ORGANIGRAMME GENERAL

ETUDES ECONOMIQUES

CARTES DES ALEAS NATURELS:  
- recul prévisionnel du trait de côte  
- zonage des espaces submersibles

CARTES DE LA VALEUR DU PATRIMOINE MENACE:  
- typologie de l'occupation et de l'utilisation du sol  
- coût moyen des biens dans la zone à risques

CARTES D'EXPOSITION AUX RISQUES LITTORAUX  
- définition d'un zonage intégrant la grandeur de l'aléa et la vulnérabilité des biens

CALCUL DE RENTABILITE DES INVESTISSEMENTS DE PROTECTION CONTRE LA MER

PROPOSITION D'UN SCHEMA PLURI-ANNUEL DE PROGRAMMATION DES AMENAGEMENTS DE PROTECTION

ETUDES DU MILIEU NATUREL

SYNTHESE DES ETUDES REALISEES ET DES DOCUMENTS EXISTANTS

DEFINITION D'UN PROGRAMME DE MESURES

MISE EN OEUVRE DU RESEAU D'OBSERVATIONS ET DE MESURES IN SITU (R.O.M.I.S)

paramètres dynamiques	suivi morphométrique et sédimentologique
- marées	- trait de côte
- houles	- estran et avant-côte
- courants	- transports sédimentaires

CREATION D'UNE BASE DE DONNEES

MODELISATION DE LA CIRCULATION SEDIMENTAIRE COTIERE

CARACTERISATION DE L'ETAT DE STABILITE DES SYSTEMES SEDIMENTAIRES  
ROLE DES ACTIONS ANTHROPIQUES

ETUDES TECHNIQUES

DEFINITION DES ACTIONS PRIORITAIRES

CHOIX DES TYPES DE DISPOSITIFS DE PROTECTION

EVALUATION GLOBALE DES COUTS DES AMENAGEMENTS

DIMENSIONNEMENT DES DISPOSITIFS DE PROTECTION

PHASAGE TECHNIQUE

Figure 4

ETUDE GLOBALE CONCERNANT LA DEFENSE CONTRE LA MER  
DU DEPARTEMENT DE LA MANCHE

COMPOSITION DE LA STRUCTURE OPERATIONNELLE

COMITE DE PILOTAGE

C.Migniot, expert  
L.R. Lafond, directeur E.P.H.E.  
un représentant du S.T.C.P.M.V.N.  
un représentant du S.T.P.B.  
un représentant de la D.D.E. 50

LABORATOIRE DE GEOLOGIE MARINE  
CENTRE REGIONAL D'ETUDES COTIERE

DIRECTION DU PROJET

C.Larsonneur, Professeur, Responsable scientifique  
F.Levoy, Ingénieur d'Etude, Responsable technique

EQUIPE

O.Monfort, Ingénieur hydraulicien  
H.Rousset, Ingénieur d'Etudes informatique  
P.Bretel, Ingénieur d'Etudes agro  
un technicien supérieur de la mer  
un électronicien

UNIVERSITE DE CAEN

CERVIR,  
études économiques

STATION MARINE DE LUC-SUR-MER

secrétariat  
3 techniciens

Un suivi technique de l'étude a été mené grâce à la mise en place d'un comité de pilotage composé de (fig.4):

- Monsieur Claude MIGNIOT, président du Comité de Pilotage, ancien directeur du département sédimentologie du Laboratoire Centrale d'Hydraulique de France ;

- Monsieur Louis-Robert LAFOND, directeur à l'E.P.H.E.;

- Monsieur Philippe RATTIER, Directeur-adjoint de l'Équipement de la Manche ;

- successivement, Messieurs PAUL, KOVARICK et DOMAIN, ingénieurs d'arrondissement D.D.E.

- Messieurs AGOSTINI et ROPERT du Service Technique Central des Ports Maritimes et des Voies Navigables de Compiègne ;

Monsieur REGNAULT du Service Technique des Phares et Balises ;

Monsieur TOULEMONT de la Délégation aux Risques Majeurs du Ministère de l'Environnement ;

Commencée le 1er septembre 1989, ce programme d'études s'est achevé au printemps 1994. Le présent rapport synthétise les principaux résultats obtenus. L'ensemble des résultats est contenu dans les onze rapports techniques qui ont été réalisées au cours de ce programme (annexe 1).

**A/ PRESENTATION GENERALE  
DE LA COTE OUEST DU COTENTIN**

## A/ PRESENTATION GENERALE DE LA COTE OUEST DU COTENTIN (Rapports Ia et Ib)

### 1) Situation et présentation

La côte ouest du Cotentin, entre le cap de Carteret et le Roc de Granville, constitue une entité morphologique remarquable, caractérisée par la présence de huit havres qui interrompent la régularité de la barrière côtière sableuse.

Orienté NW-SE entre Carteret et Saint-Germain-sur-Ay et N-S jusqu'à Granville, le cordon littoral est relativement étroit. Il atteint exceptionnellement une vingtaine de mètres d'altitude et borde une plaine côtière submersible, dont la largeur varie de quelques centaines de mètres à environ quatre kilomètres. Au Nord de cette région, le littoral est constitué de falaises et de dunes perchées bordant le plateau Nord-Cotentin. Au Sud, s'étend le domaine de la grande baie du Mont-Saint-Michel. L'ensemble de cette côte constitue la bordure orientale du golfe normand-breton.

Précédée par une multitude d'îles, comme Jersey et Guernesey, d'îlots et d'archipels, comme ceux des Minquiers ou de Chausey, la totalité de la presqu'île du Cotentin constitue un véritable obstacle en Manche occidentale, directement exposé au flux d'Ouest. La géométrie de la côte et les faibles profondeurs de cette partie de la Manche sont à l'origine d'un gonflement exceptionnel de l'onde de marée. Le marnage, qui peut atteindre 15 m en baie du Mont-Saint-Michel, permet à la mer de se retirer parfois à plusieurs kilomètres vers le large.

### 2) L'environnement géologique côtier.

Entre le cap de Carteret et le roc de Granville, le substratum n'affleure que dans des situations bien particulières:

-soit sous la forme de caps rocheux,

-soit, sur l'estran, sous la forme de platiers plus ou moins discontinus.

Ces affleurements révèlent les caractéristiques géologiques des roches constituant le continent et le plateau

continental. Ils contribuent à expliquer l'origine et la nature des formations meubles qui nappent le bed-rock.

Le platier rocheux de bas estran de la côte ouest du Cotentin, entre Carteret et Granville, est presque continu du Nord au Sud. Les feuilles géologiques au 1/50000<sup>ème</sup> du Bureau de Recherches Géologiques et Minières indiquent ses caractéristiques géologiques précises.

Entre Carteret et Portbail, les roches affleurantes sur le littoral sont constituées de schistes et de grès appartenant à la base du Cambrien. Au Sud de Portbail, les calcaires, les schistes et les grès du Dévonien se substituent à la série précédente au droit de Saint-Rémy-des-Landes. Le Dévonien s'étend jusqu'à Saint-Germain-sur-Ay, où la transition avec les grès et schistes ordoviciens s'effectue par une faille SW-NE. Les formations cambriennes sont présentes entre Pirou et Geffosse.

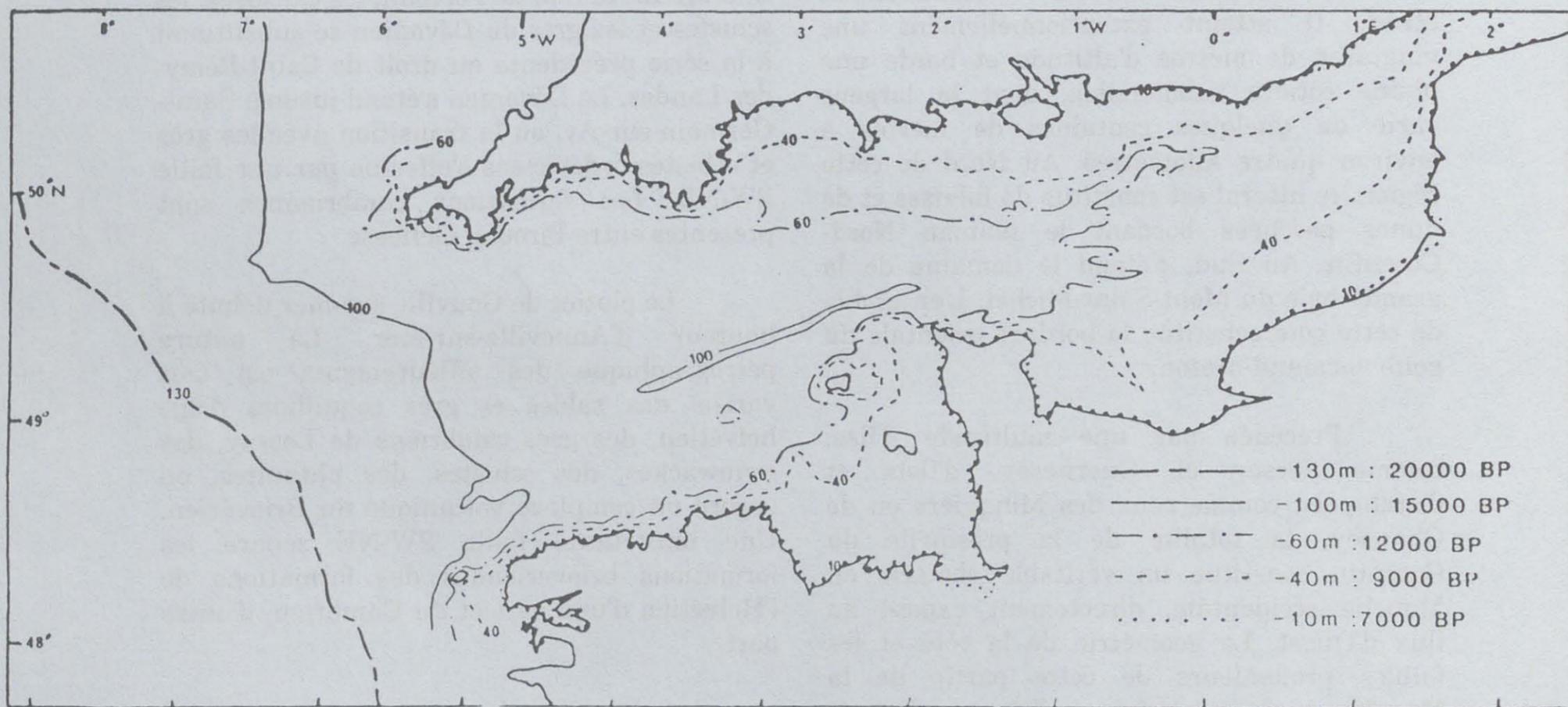
Le platier de Gouville-sur-mer débute à hauteur d'Anneville-sur-mer. La nature pétrographique des affleurements est très variée: des sables et grès coquilliers d'âge helvétien, des grès cambriens de Lessay, des grauwackes, des schistes, des phanites, ou encore un complexe volcanique du Briovérien. Une importante faille SW-NE sépare les formations briovériennes des formations de l'Helvétien d'une part et du Cambrien, d'autre part.

A hauteur de la pointe d'Agon, les affleurements rocheux sont constitués de grès et argilites du Dévonien. Entre le havre de la Vanlée et Jullouville, le platier est composé exclusivement de formations d'âge Briovérien comme des flysch gréseux ou schisteux, des siltites, des grauwackes et des schistes. La pointe du Roc se termine par un conglomérat briovérien de schistes et de grès.

### 3) La mise en place des paysages actuels

3.1) Les variations passées du niveau des mers et la mise en place des sédiments

Les importantes fluctuations climatiques du Quaternaire ont contribué, suite aux phases de transgression et de



**Figure 5** Courbes de remontée du niveau marin ( Manche et ses approches occidentales.)

(Larsonneur et al., 1982)

régression marine, à modeler le paysage littoral pour lui donner sa forme générale actuelle.

Le niveau marin Eémien, entre - 120 000 et - 70 000 ans B.P. est venu éroder la côte du Cotentin, constituant une falaise morte. Celle-ci souligne la bordure orientale du domaine côtier Ouest-Cotentin et délimite une plaine située en arrière du cordon dunaire.

C'est sous un climat de type périglaciaire que les dépôts sédimentaires du golfe normand-breton se sont mis en place. La période glaciaire Weichsélienne, dont l'optimum fut atteint il y a environ 25000 ans, a repoussé la ligne de rivage vers l'Ouest, à une cote d'environ 130 m en-dessous du niveau marin actuel (fig.5). Le matériel lithoclastique a été apporté par les rivières qui transportaient d'importantes charges solides hétérogènes.

Vers environ 16000 ans B.P., la mer commence à progresser vers le Nord-Est. Le niveau -60 m C.M. est atteint vers 12000 ans B.P. et le niveau -40 m C.M., vers 9000 ans B.P.. La remontée s'accélère ensuite et la cote -10 m C.M., correspondant, approximativement, au niveau des plus basses mers actuelles, est atteint au cours de l'optimum atlantique, vers 7000 B.P.

Au cours de cette transgression, les dépôts d'origine terrigène se trouvent remaniés sous l'action des courants de marée et des houles. Du matériel bioclastique formé par des débris d'origine animale et végétale de nature calcaire est venu enrichir progressivement les dépôts lithoclastiques. Les sables se sont déplacés vers le fond du golfe normand-breton en cours de formation, pour constituer un prisme littoral. Son épaisseur peut atteindre 6 m sur la côte ouest du Cotentin. La distribution granulométrique des sédiments sur les fonds sous-marins en Manche occidentale a probablement peu changé depuis 7500 ans. Les zones de plus fortes énergie ont été nettoyées des sédiments les plus fins, laissant apparaître aujourd'hui des surfaces de roches ou de cailloutis. Elles correspondent globalement à la répartition des vitesses maxima des courants de marée en vive-eau.

3.2) Le stock sédimentaire côtier et les grandes unités morphologiques

3.3.1) Les plages de la côte ouest du Cotentin-centre

L'estran de la côte du Cotentin entre Carteret et Granville est constitué de sédiments essentiellement sableux, composés d'une importante fraction de débris coquilliers atteignant parfois plus de 30 % du stock sédimentaire total. Sur la partie basse de la plage, les matériaux sont fins, mais parfois contaminés par des débris provenant des platiers situés à proximité. Sur la moyenne plage, les sédiments sont généralement bien triés. Leur médiane varie autour de 200 - 250 microns. Sur la haute plage, le stock sédimentaire, constitué essentiellement de sables grossiers peut être complété par des graviers et des galets, issus du démantèlement des platiers ou d'anciens cordons antéholocènes.

L'érosion des cordons dunaires contribue également à l'alimentation de la haute plage et renforce l'hétérogénéité de ce stock sédimentaire. Son épaisseur sur la partie supérieure de l'estran peut être réduite à quelques dizaines de centimètres après une tempête, comme cela a été observée mars 1990. La couverture superficielle de ces matériaux meubles constitue l'essentiel du stock sédimentaire disponible sur la côte du Cotentin, pouvant contribuer à la dynamique sédimentaire actuelle et à l'évolution morphodynamique des paysages côtiers.

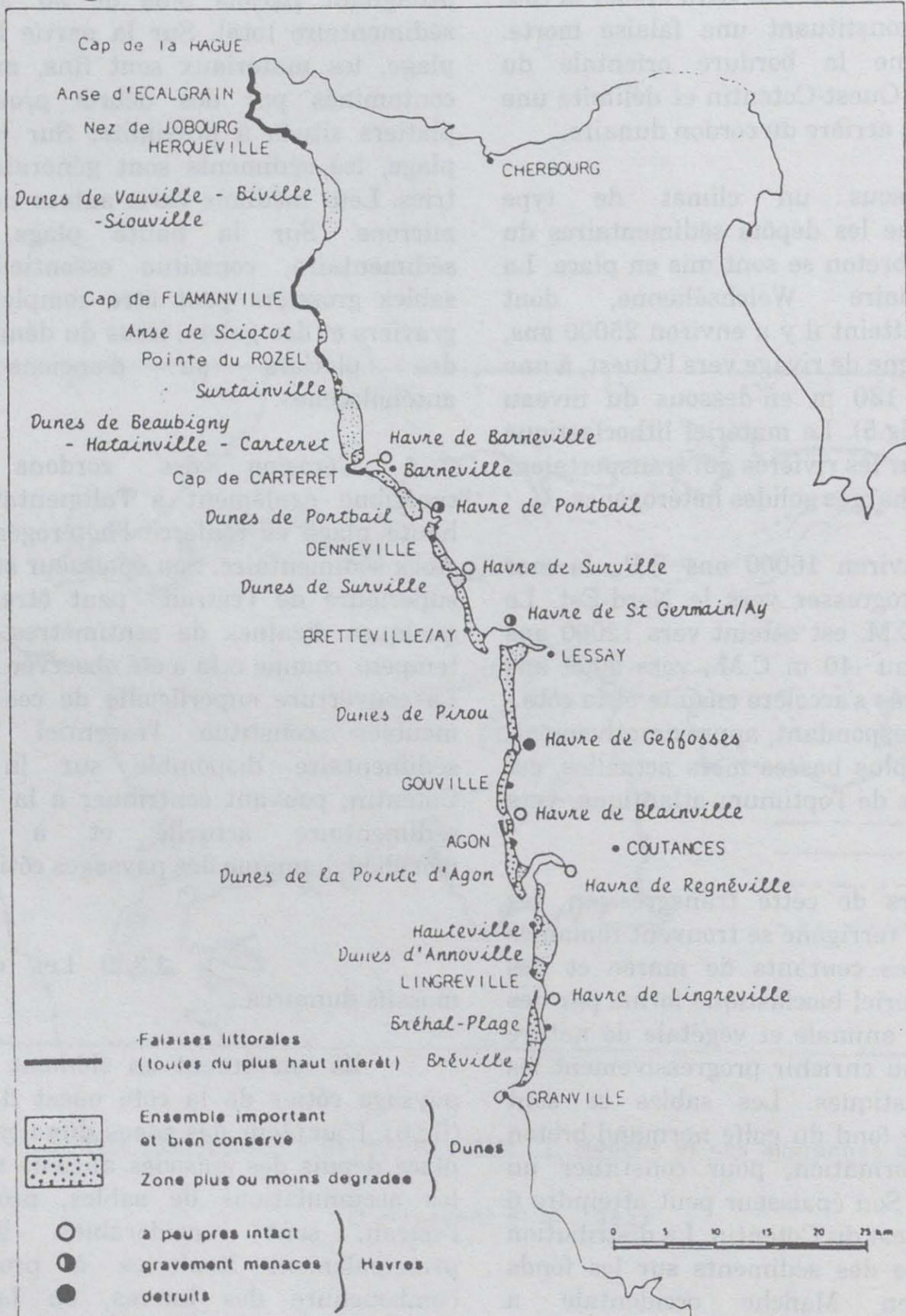
3.3.2) Les cordons et massifs dunaires

Ils constituent un élément majeur du paysage côtier de la côte ouest du Cotentin (fig.6). L'ampleur des zones dunaires mises en place depuis des épisodes anciens montre que les accumulations de sables, provenant de l'estran, sont considérables. Elles sont principalement localisées à proximité de l'embouchure des havres, où la déflation éolienne est particulièrement efficace, formant des massifs de plusieurs centaines de mètres de largeur comme au Sud du havre de Portbail.

Morphologiquement, le long de la côte ouest du Cotentin, se succèdent des cordons simples, parfois très étroits comme à Pirou et des cordons à crêtes multiples, comme à Gouville-sur-mer ou à proximité de l'embouchure des havres. Par ailleurs, le talus de ces dunes, exposé aux influences du large, présente parfois sur un linéaire de côte très court, des faciès très différents. Des falaises

Figure 6

CARTE DE LOCALISATION DES SITES.



dunaires de plusieurs mètres laissent place à des dunes embryonnaires, colonisées par la végétation et inversement.

### 3.3.3) Les havres

Exposée au large, la partie intertidale de tous ces havres présente de nombreuses similitudes.

#### a) Leur géométrie

Les huit havres de la côte ouest du Cotentin constituent la troisième grande unité morphologique de ce littoral. Ils interrompent la continuité de la barrière côtière et constituent le débouché de petits fleuves côtiers. Leur superficie est variable, de 70 ha pour le havre de Surville à 870 ha pour le havre de Regnéville. Deux types de géométrie peuvent être distingués:

- les havres disposés parallèlement au trait de côte, occupant un espace déprimé de la plaine côtière, comme ceux de la Vanlée, de Barneville-Carteret, de Portbail, de Surville, de Geffosse et de Blainville. Leur morphologie générale est proche de celle des lagunes littorales.

- les havres, de plus grandes dimensions, au débouché de l'Ay et de la Sienne, insèrent le plateau de l'arrière-pays. Leur morphologie est proche d'une ria.

#### b) La mise en place des havres

D'après des écrits historiques, il est probable que l'évolution du trait de côte entre Carteret et Granville, au cours des derniers siècles, avant l'occupation humaine, était rythmée par l'ouverture et à la fermeture épisodique des cordons littoraux, situés en avant de zones déprimées plus ou moins saumâtres. Ce paysage présentait certainement des analogies avec les îles-barrières de la côte est américaine ou les systèmes lagunaires du Sud de la France. Les légendes qui mentionnent des cataclysmes et des invasions par la mer de la côte du Cotentin au début de l'ère chrétienne soulignent, de manière probablement exagérée, l'évolution brutale des paysages côtiers, avec l'ouverture de brèches dans le cordon littoral étroit, sous l'action de tempêtes dévastatrices.

#### c) L'évolution récente des havres

Le colmatage de ces havres, lié aux dépôts apportés durant la transgression holocène, se poursuit actuellement. Les éléments les plus fins, sablo-vaseux, déposés au fond et en bordure des havres, constituent le substrat des schorres, qui ne sont recouverts que lors des marées de vives-eaux). Les slikkes sont constituées de matériaux sableux fins et moyens carbonatés, dont les caractéristiques sont relativement proches des matériaux présents sur les estrans ouverts aux influences du large.

Les apports annuels de sédiments sur les schorres sont estimés à deux à trois centimètres par an. Sur les slikkes, aucune régularité n'est apparue dans le taux de sédimentation, le niveau des sables pouvant osciller sur une amplitude d'un mètre, dans un sens ou un autre, en quelques mois.

Cette sédimentation contribue au développement important des schorres. Le L.C.H.F. (1982) a estimé à 100.000 m<sup>3</sup>, le volume des dépôts annuels à l'intérieur du havre de Regnéville. De récentes études sur le havre de Portbail ont estimé que les apports à l'intérieur de la partie méridionale de cet estuaire, constituée d'une slikke sableuse, sont d'environ 19.000 à 23.000 m<sup>3</sup> par an. Ainsi, au 18<sup>ème</sup> siècle, il existait un neuvième havre sur la côte Cotentin-centre entre celui de Saint-Germain-sur-Ay et de Geffosses, à hauteur de Pirou. Ce havre s'est progressivement comblé pour ne plus être envahi par les marées et être conquis par l'agriculture.

#### 4) Les caractéristiques dynamiques générales de la côte ouest du Cotentin

La côte ouest du Cotentin est particulièrement originale et complexe d'un point de vue dynamique car elle est soumise:

- aux plus fortes marées d'Europe, environnement parfois qualifié de mégatidal, avec un marnage en vive-eau de 15 m,

- à de violents courants de marée liés aux caractéristiques marégraphiques à l'intérieur du golfe normand-breton, à la configuration des fonds et à la géométrie de la côte,

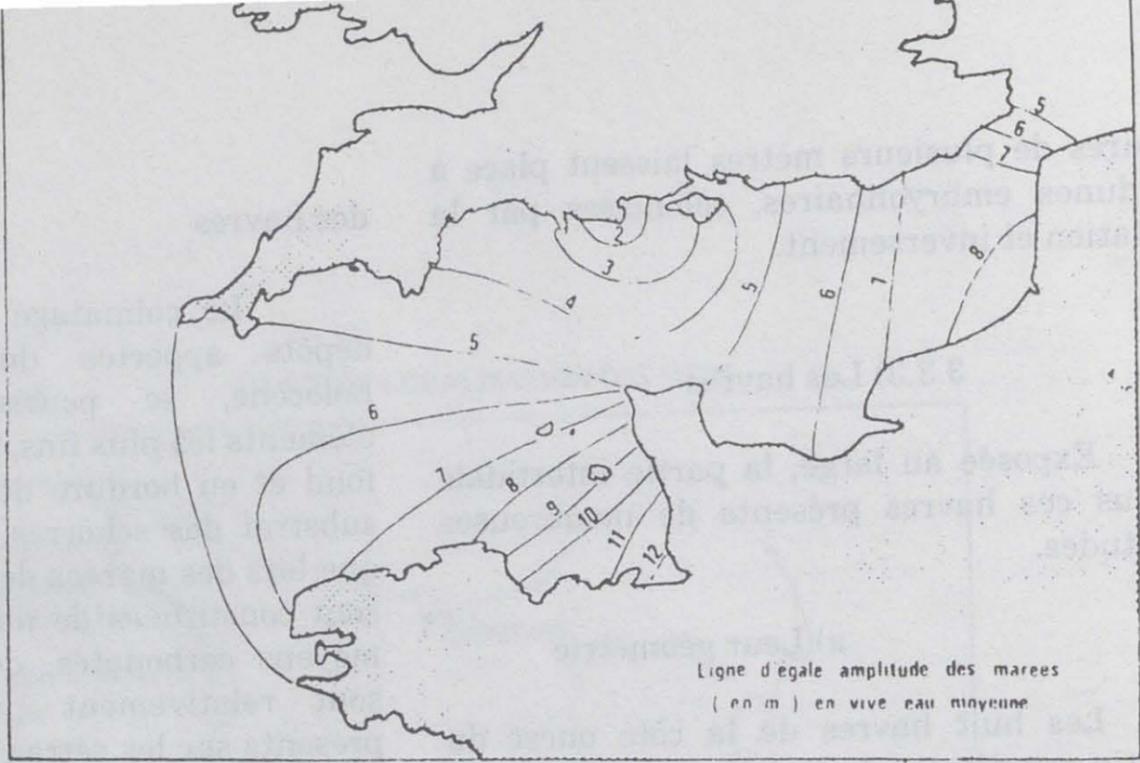
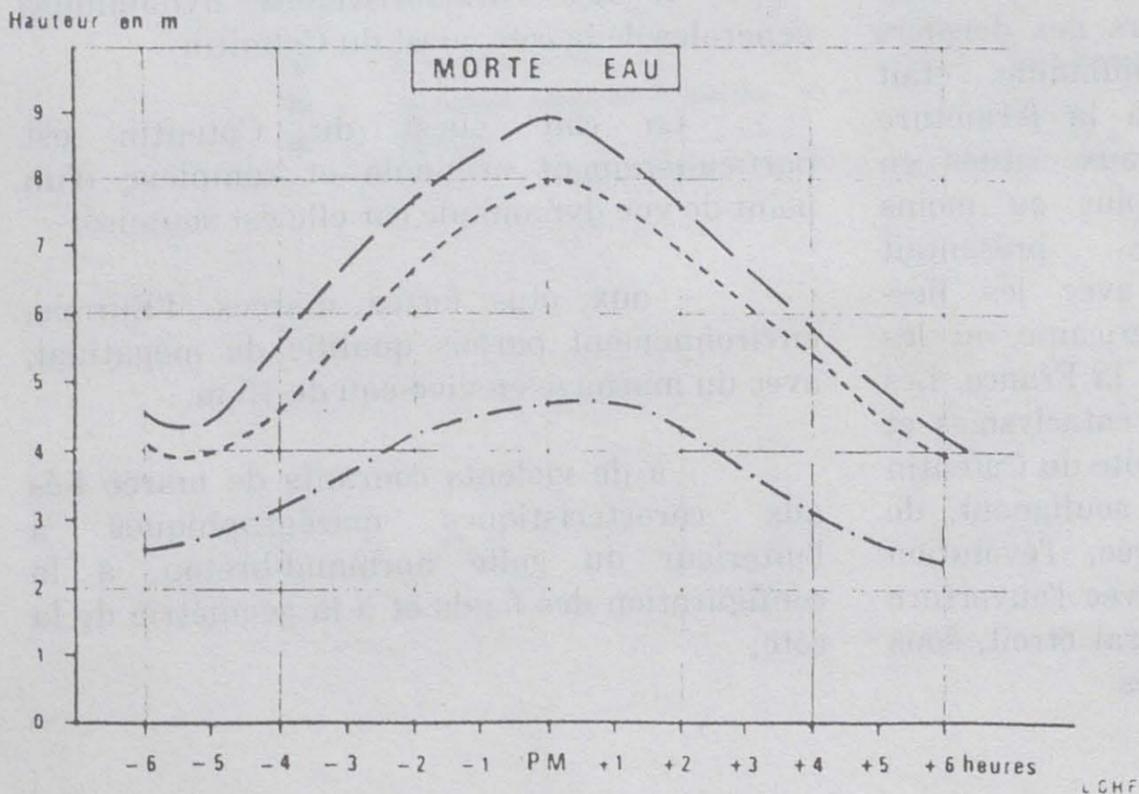
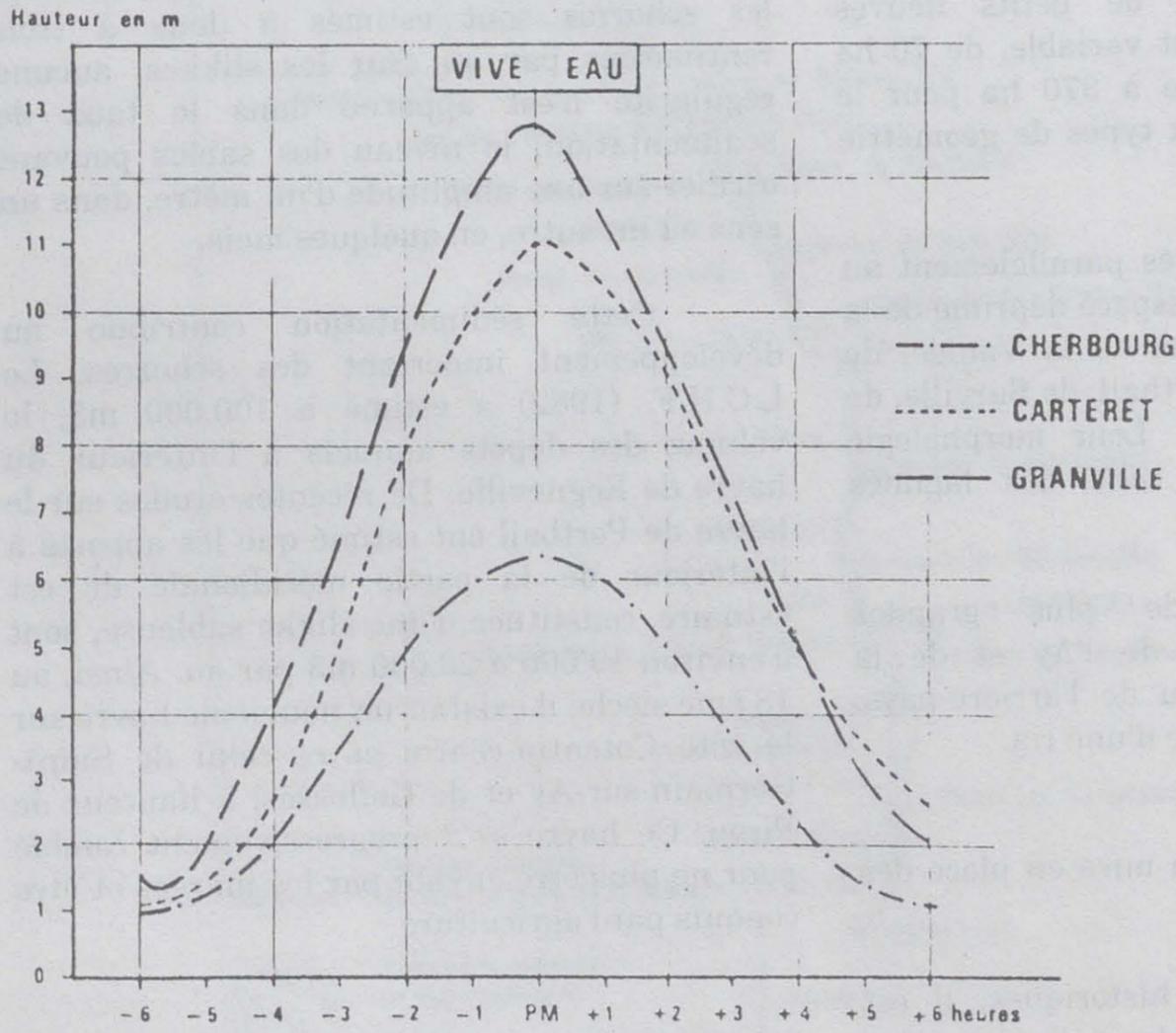


Figure 7

Figure 8 COURBES DE MAREE CARACTERISTIQUES



- à des houles atténuées, mais complexes, fortement déformées par les nombreux obstacles présents sur l'avant-côte et l'action combinée des courants de marée,

- à des vents de mer parfois violents, dépassant parfois 150 km/h et ayant atteint plus de 220 km/h, lors de l'ouragan d'octobre 1987.

La conjonction de ces paramètres dynamiques peut générer potentiellement des conditions de tempêtes, dont l'impact a déjà été considérable sur la dynamique sédimentaire des plages de la côte ouest du Cotentin. L'évolution historique de ce littoral en témoigne.

#### 4.1) Caractéristiques générales de la marée dans le golfe normand-breton.

##### 4.1.1) La marée

La marée en Manche et en particulier dans le golfe normand-breton, présente un caractère complexe lié pour partie aux conditions topographiques des fonds et à la géométrie de la côte à différentes échelles spatiales.

La marée observée sur les côtes françaises provient d'une onde générée dans l'Atlantique dont l'amplitude est inférieure à 1 m. Dans la Manche occidentale, l'onde de marée est tout d'abord enflée sur les fonds du plateau continental. Ensuite, cette onde subit rapidement l'influence de la barrière que constitue la presqu'île du Cotentin, orientée N-S.

A l'intérieur du golfe normand-breton, il se forme une onde stationnaire augmentant considérablement l'amplitude de la marée entre la pointe de la Hague et le Finistère nord (fig.7). La période de la marée est voisine de 12h25, caractéristique de l'onde lunaire principale semi-diurne. La pleine mer est quasi-simultanée entre Bréhat et Granville; l'onde de marée se propage en fait en pivotant autour d'un point situé approximativement au large de Guernesey.

Le marnage est minimal à Cherbourg avec environ 5 m en vive-eau et 2 m en morte-eau. Cette amplitude croît du large vers la côte à l'intérieur du golfe. Elle est maximale et devient tout à fait exceptionnelle dans la baie

du Mont-Saint-Michel qui peut être considérée comme un bassin de résonance (fig.8). Ainsi, le long de la côte ouest du département de la Manche, du Sud au Nord, le marnage décroît progressivement.

Pour un même coefficient, le marnage est plus faible en revif qu'en déchet. Par ailleurs, en tout point du golfe normand-breton, le flot est plus court que le jusant, surtout en période de marées de vives-eaux.

##### 4.1.2) Les surcotes météorologiques

La surcote décennale, estimée à partir d'un ajustement à la loi de Weibull par la méthode des moments est estimée à 1.06 m. La surcote centennale atteint 1.35 m et la surcote millénaire, 1.65 m. Lors de l'ouragan du 16 octobre 1987, une surcote de pleine mer de 1,60 m a été observée à Granville, soulignant la sensibilité de la côte ouest du Cotentin à des phénomènes d'élévation du niveau de la mer de courte durée. Ces hauteurs peuvent amplifier le phénomène de marée et être à l'origine de conditions hydrodynamiques de haute énergie.

##### 4.2) Les courants de marée.

De nombreuses études sur les courants de marée ont été réalisées dans le golfe normand-breton, du fait même des caractéristiques exceptionnelles de la marée dans cette région. Compte tenu de leurs caractéristiques, les courants de marée constituent un agent de transport important dans le golfe normand-breton, mobilisant les sédiments en suspension ou par charriage sur les fonds.

Dans le golfe normand-breton, les vitesses moyennes ne dépassent pas 1 m/s. Néanmoins, localement, en fonction de la topographie des fonds, les vitesses maximales des courants peuvent atteindre 5 m/s en flot, lors des marées de vives-eaux, par exemple dans le raz Blanchard. Du fait de l'inégalité de durée entre le flot et le jusant, les vitesses au flot sont toujours supérieures à celles enregistrées lors du jusant. Des gradients de courant entre la surface libre et le fond sont également fréquemment observés à cause des irrégularités bathymétriques.

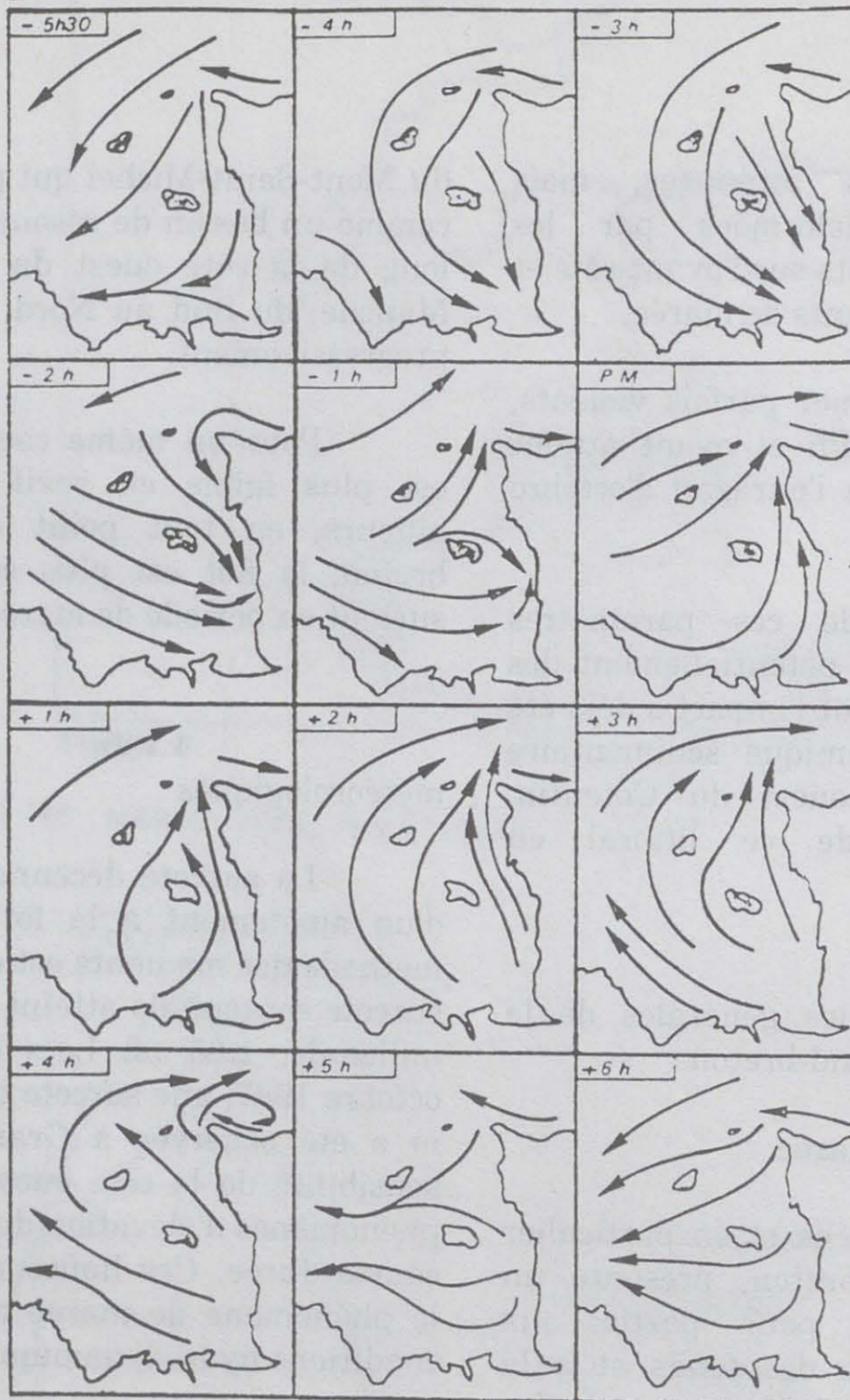
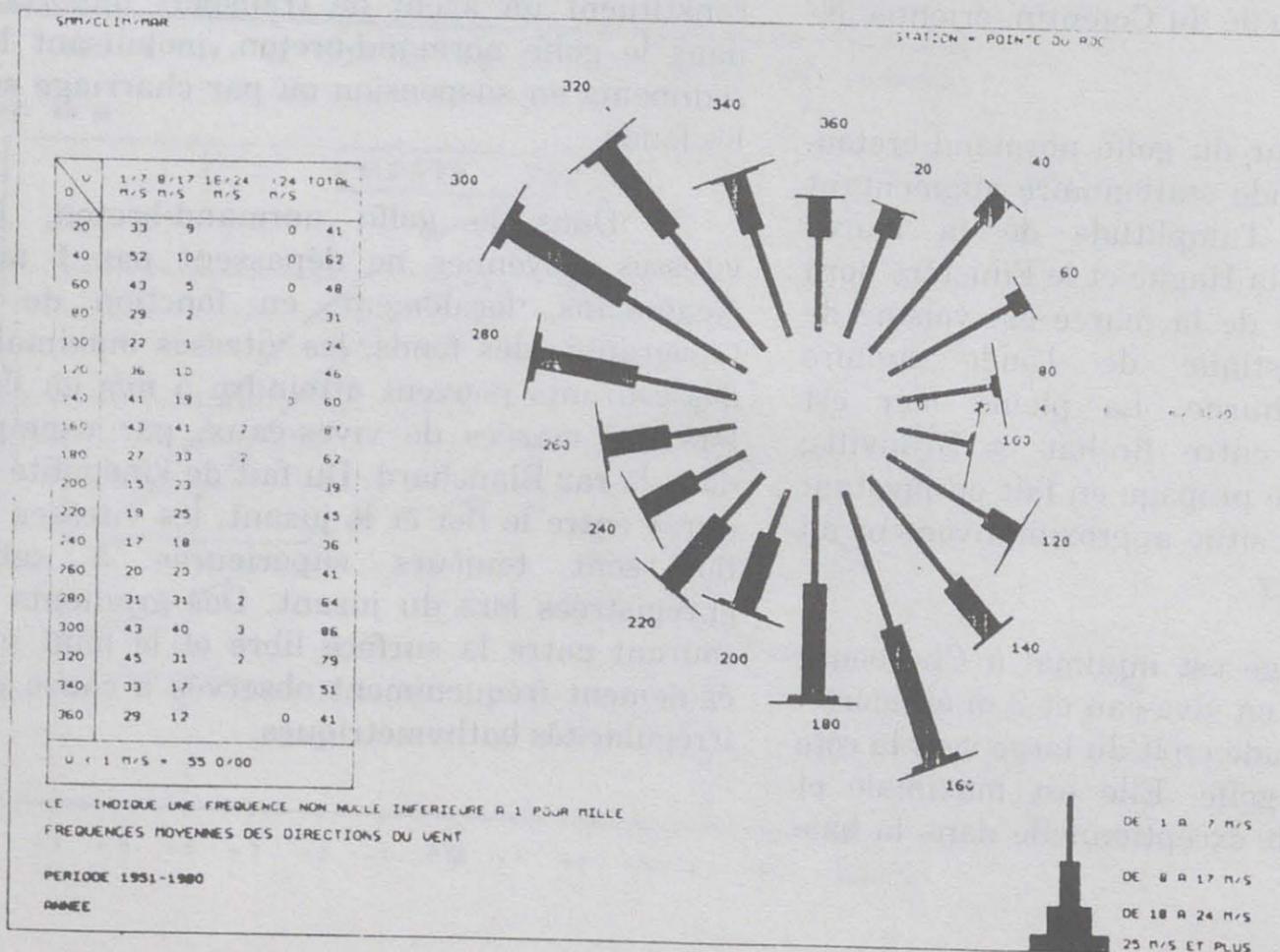


Figure 10 : Normales de vent au sémaphore de la pointe du Roc, Granville.

### VENT ANNEE



Le remplissage à l'intérieur du golfe normand-breton (fig.9) débute par l'Ouest entre PM-3 et PM-2 h. L'onde de marée se propage en contournant les îles anglo-normandes aussi bien par le Sud que par le Nord. Dès PM-1 h, le flux est orienté vers le NE le long de la côte nord du Cotentin. Au moment de la pleine mer, tous les courants convergent vers la Baie de Seine. Le long de la côte orientale du golfe, le courant porte largement au Nord, et plus au large, il est orienté vers le NE. Cette situation se maintient jusqu'à PM+3. Ensuite, le flux s'inverse, les courants généraux s'orientent au NW au fond du golfe, alors que celui-ci continue à se vider au Nord. A PM+5 h, les courants sont globalement dirigés vers l'Ouest. Le golfe normand-breton continue de se vider. Progressivement, les courants s'orientent au SW vers PM+6h, puis vers le Sud à PM-4h, avant l'arrivée du flot suivant.

#### 4.3) Les vents et les houles.

##### 4.3.1) les vents à Granville et à Carteret.

Les principales données disponibles sur les caractéristiques générales des vents sur la côte ouest du département de la Manche sont issues des enregistrements effectués aux sémaphores de Granville et de Carteret.

Les enregistrements météorologiques réalisés à Granville sont effectués à l'extrémité ouest de la pointe du Roc, à une altitude de 40 m. La période d'observations s'étend de 1951 à 1980 (fig.10).

Sur ce site, les vents les plus fréquents, quelque soit leur intensité, proviennent des secteurs NW et SE. De janvier à mars et d'octobre à décembre, les vents de S et SE dominant. D'avril à juin, les vents de NE et NW sont prédominants. De juillet à septembre, les vents soufflent essentiellement des secteurs NW et WNW. Les vents de mer soufflent donc principalement au printemps et en été, cette tendance s'inversant sur le reste de l'année.

Les vents les plus forts (supérieurs à 7 beaufort, soit environ 15 m/s) soufflent de manière préférentielle durant les mois de novembre, décembre et janvier. Ces vents proviennent essentiellement des directions W et NW, puis S. Les vents inférieurs à 7.5 m/s

représentent 60% des situations. 27.5% des vents ont des vitesses comprises entre 7.5 et 12.5 m/s et 12.5% des vitesses supérieures à 12.5 m/s.

L'enregistrement de données météorologiques au sémaphore de Carteret n'est effective que depuis 1987. Les acquisitions réalisées sur quatre années de mesures montrent que :

- trois secteurs de vents sont dominants: par ordre d'importance, le secteur ouest, le secteur est et nord-est et le secteur sud. Les vents de 260° à 280° représentent 15 à 19 % des conditions annuelles, les vents de 40 à 100°, 22 à 27 % et les vents de 160 à 200°, 14 à 17%. Cette distribution est donc légèrement différente de celle observée à Granville.

- les vents les plus forts, supérieurs à 24 m/s, soufflent essentiellement des secteurs NW, W et S, comme à Granville. Les vents dont la vitesse est comprise entre 8 et 24 m/s proviennent principalement de l'Ouest et du Sud.

Les conditions de vents forts, qui agissent sur l'état de la mer et indirectement les transports sédimentaires, sont globalement homogènes entre Carteret et Granville. Ils révèlent les deux grands types de temps bas-normands, cyclonique avec un flux de quadrant ouest et anticyclonique, avec un flux de quadrant Est.

##### 4.3.2) Les houles en Manche occidentale.

Les observations de houle au large de la côte ouest du Cotentin sont peu nombreuses.

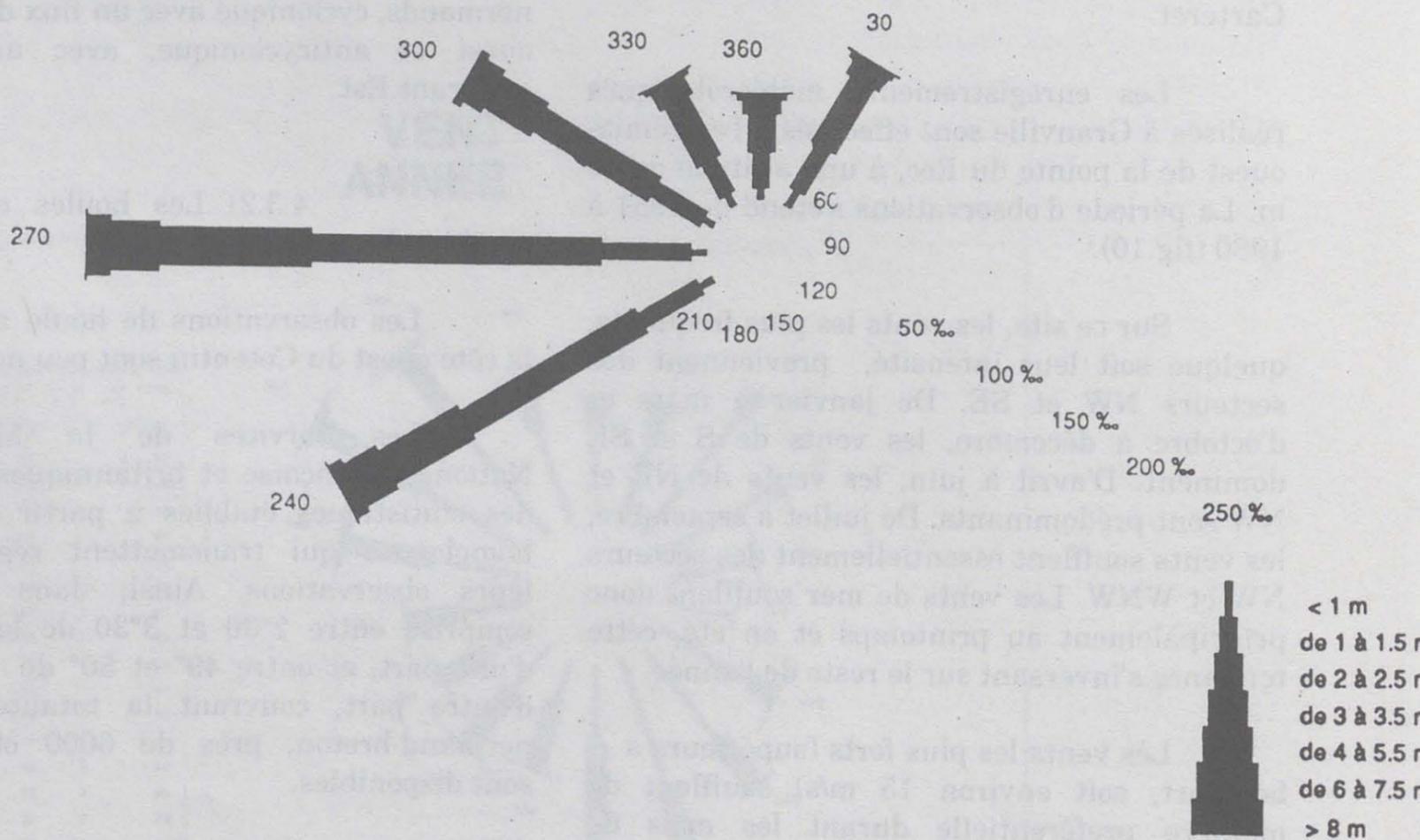
Les services de la Météorologie Nationale française et britanniques possèdent des statistiques établies à partir de navires homologués qui transmettent régulièrement leurs observations. Ainsi, dans une zone comprise entre 2°30 et 3°30 de longitude W d'une part, et entre 49° et 50° de latitude N d'autre part, couvrant la totalité du golfe normand-breton, près de 6000 observations sont disponibles.

Les houles de secteur W et SW sont dominantes, représentant près de 60 % des observations. (fig.11). Les agitations de 1 à 2,5

**Figure 11** AGITATION A L'ENTREE DU GOLFE NORMAND-BRETON 49°N-50°N / 2.5°W-3.5°W

Répartition des observations des hauteurs de houle en fonction des provenances

Direction (degrés)	Hauteur de houle								Total
	calme	< 1 m	1/1.5 m	2/2.5 m	3/3.5 m	4/5.5 m	6/7.5 m	> 8m	
30	55	160	244	50	20	7			536
60									
90									
120									
150									
180									
210									
240	48	217	655	293	117	47	3	3	1383
270	49	288	941	476	156	75	11	4	2000
300	38	186	436	178	67	31	2		938
330	40	121	217	62	17	3	2		462
360	34	113	123	44	21	4	2		341
Total	264	1085	2616	1103	398	167	20	7	5660



m sont les plus fréquentes, recouvrant plus de 65 % des situations. Les houles les plus fortes, supérieures à 6 m sont assez rares. Elles ne représentent que 0,5 % des agitations observées.

Les plus fortes agitations au large des îles anglo-normandes sont observées en hiver. D'octobre à mars, pendant 20 à 25% du temps, l'agitation dépasse 3 m de hauteur. Entre les mois d'avril et de septembre, la hauteur des houles au large est inférieure à 1 m pendant 15% du temps et elle est supérieure à 3 m moins de 10% du temps.

Le calcul des probabilités de dépassement d'une hauteur donnée au large montre que:

- la hauteur 2.5 m est dépassée 100 jours par an,
- la hauteur 5.3 m est dépassée 10 jours par an,
- la hauteur 7.5 m est dépassée 1 jour par an.

Les données des "Océan Waves Statistics" précisent les corrélations entre la hauteur des vagues et la période :

- pour les houles de secteurs 230° à 280° d'une hauteur de moins de 4 m, la période est généralement comprise entre 5 et 10 s,
- pour les houles de plus de 4 m, la période est généralement supérieure à 10 s et dépasse rarement 16 s,
- aux houles d'Ouest possédant le fetch le plus long, correspondent les périodes longues de 12 s et plus.

4.3.3) Propagation de la houle vers le golfe normand-breton.

Globalement, les plans de vague réalisés par le L.C.H.F. en 1984 révèlent un grand nombre de caustiques liés aux hauts fonds (Les Casquets, les Roches Douvres et le

plateau Barnouic) et soulignent le rôle d'obstacle des îles Anglo-normandes.

La façade ouest du Cotentin, au niveau de la cote -20 m, est principalement exposée aux houles d'Ouest, puis de WNW et de NW. Les houles courtes, inférieures à 5 s, sont largement prédominantes. Les houles longues, supérieures à 10 s, sont relativement rares même si elles peuvent atteindre toutes les zones décrites. Les hauteurs maximales, supérieures à 4 m, sont également très rares; elles affectent principalement la partie centrale de la côte du Cotentin, et son extrémité nord.

## 5) Conclusions

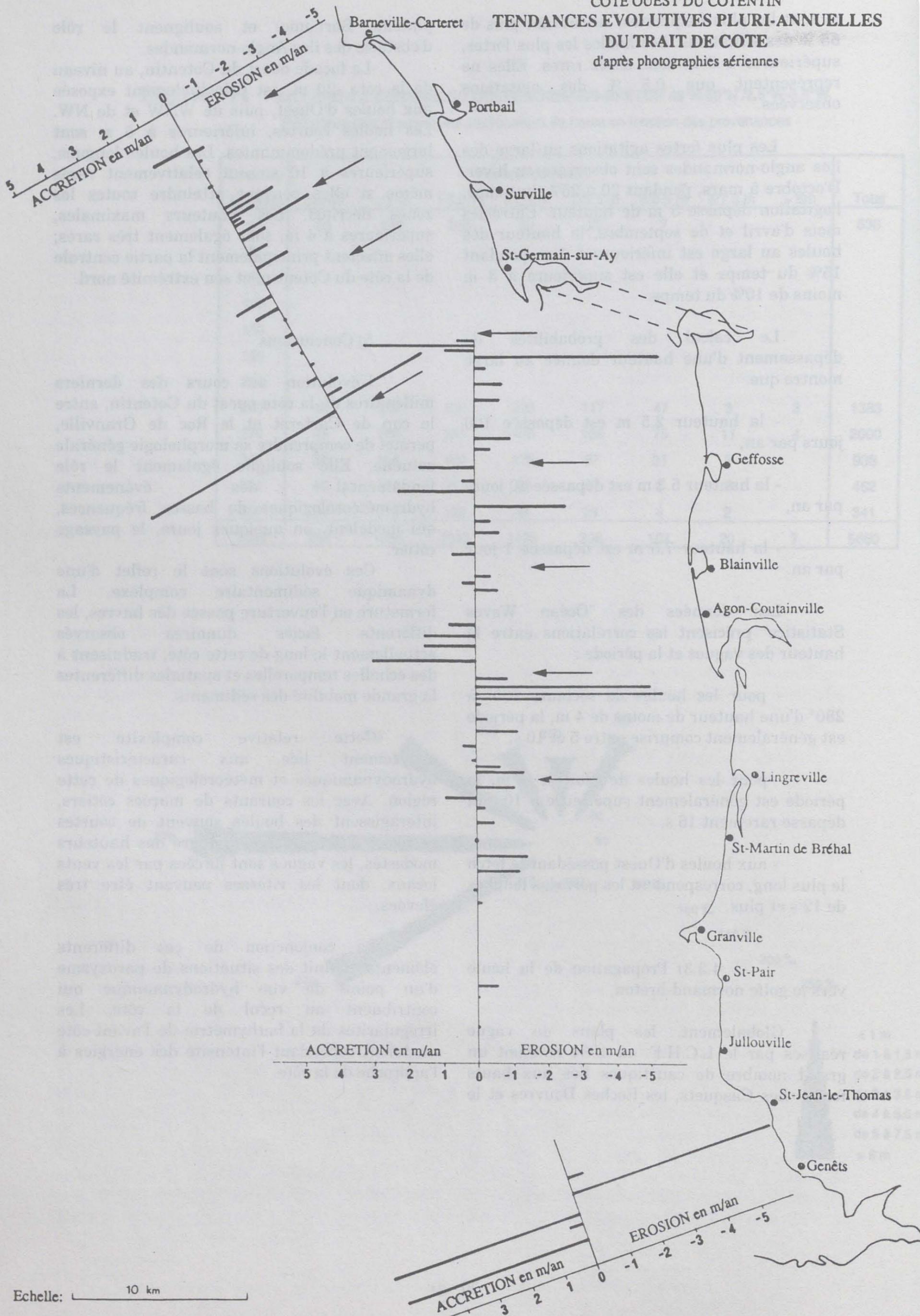
L'évolution au cours des derniers millénaires de la côte ouest du Cotentin, entre le cap de Carteret et le Roc de Granville, permet de comprendre sa morphologie générale actuelle. Elle souligne également le rôle fondamental des événements hydrométéorologiques de basses fréquences, qui modèlent, en quelques jours, le paysage côtier.

Ces évolutions sont le reflet d'une dynamique sédimentaire complexe. La fermeture ou l'ouverture passée des havres, les différents faciès dunaires observés actuellement le long de cette côte, traduisent à des échelles temporelles et spatiales différentes la grande mobilité des sédiments.

Cette relative complexité est directement liée aux caractéristiques hydrodynamiques et météorologiques de cette région. Avec les courants de marées côtiers, interagissent des houles souvent de courtes périodes. Très cambrées, malgré des hauteurs modestes, les vagues sont forcées par les vents locaux, dont les vitesses peuvent être très élevées.

La conjonction de ces différents éléments, définit des situations de paroxysme d'un point de vue hydrodynamique qui contribuent au recul de la côte. Les irrégularités de la bathymétrie de l'avant-côte modulent cependant l'intensité des énergies à l'approche de la côte.

COTE OUEST DU COTENTIN  
 TENDANCES EVOLUTIVES PLURI-ANNUELLES  
 DU TRAIT DE COTE  
 d'après photographies aériennes



**B/ EVOLUTION PASSEE ET ACTUELLE  
DE LA COTE DU COTENTIN**

## B/ EVOLUTION PASSEE ET ACTUELLE DE LA COTE DU COTENTIN (Rapports III, IV, VII et IX)

### 1) L'évolution passée du trait de côte

Afin de définir les zones à risque d'érosion sur la côte ouest du Cotentin, une analyse détaillée de l'évolution passée de la position du trait de côte a été nécessaire.

Celle-ci est basée sur la comparaison de la position du trait de côte à partir de différentes photographies aériennes verticales de l'Institut Géographique National, remises à l'échelle du 10000<sup>ème</sup> par procédé photographique.

Le trait de côte a été défini comme étant la limite de végétation, séparant le domaine continental des dunes du domaine marin soumis fréquemment aux actions marines.

D'une manière générale, 7 ou 8 missions aériennes ont été utilisées. La période couverte par les clichés est, selon les secteurs de côte comprise entre 1929 ou 1947 et 1988.

La comparaison de la position de la ligne de rivage de la côte ouest du Cotentin sur une période de plus de 40 ans permet d'avoir une vision objective des risques d'érosion à moyen terme. Malgré les imprécisions liées aux documents et à la méthode utilisée, de fortes disparités existent sur l'évolution du trait de côte entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine.

La figure 12 résume les tendances évolutives moyennes annuelles pour l'ensemble des sites de référence pris en compte. Elle montre:

- une évolution importante de l'embouchure des havres et de la côte à proximité de la baie du Mont-Saint-Michel. Le plus souvent, le trait de côte des pouliers est en progradation, alors que les musoirs, principalement à leur racine sont en forte érosion (fig.13). Les taux moyen d'accrétion ou d'érosion peuvent dépasser 5 m/an comme à Montmartin-sur-mer et Dragey. Cette dynamique est directement en relation avec le contexte hydrosédimentaire estuarien et

notamment la divagation de chenaux à proximité de la côte.

Par ailleurs, une dynamique particulière intéresse le site d'Anneville et de Gouville-sur-mer. En dehors d'un contexte estuarien, les traits de côte historiques se croisent, délimitant depuis 1947 un secteur en fort recul et, à proximité, un secteur en progradation. Cette zone se caractérise par l'instabilité de la ligne de rivage (fig.14). Elle est aussi la preuve d'une dynamique intertidale complexe, liée à des mouvements des masses sableuses parallèlement à la côte.

- entre les havres, l'évolution de la ligne de rivage peut, à l'opposé, être relativement faible.

Sur 81 stations de référence, 45 sont en érosion avec un taux supérieur à 0,50 m/an, 28 sont en accrétion et 8 peuvent être considérées comme ayant une côte stable.

La côte ouest du Cotentin réputée pour ces phénomènes d'érosion, n'apparaît pas menacée sur la totalité de son linéaire. Sur de nombreux secteurs de côte, le recul est faible et c'est la proximité trop grande des aménagements et des biens par rapport à la ligne de rivage qui génère le risque. Par contre, dans certains endroits, très localisés, la cinématique du trait de côte est très intense, avec un recul de plus de 200m en 45 ans.

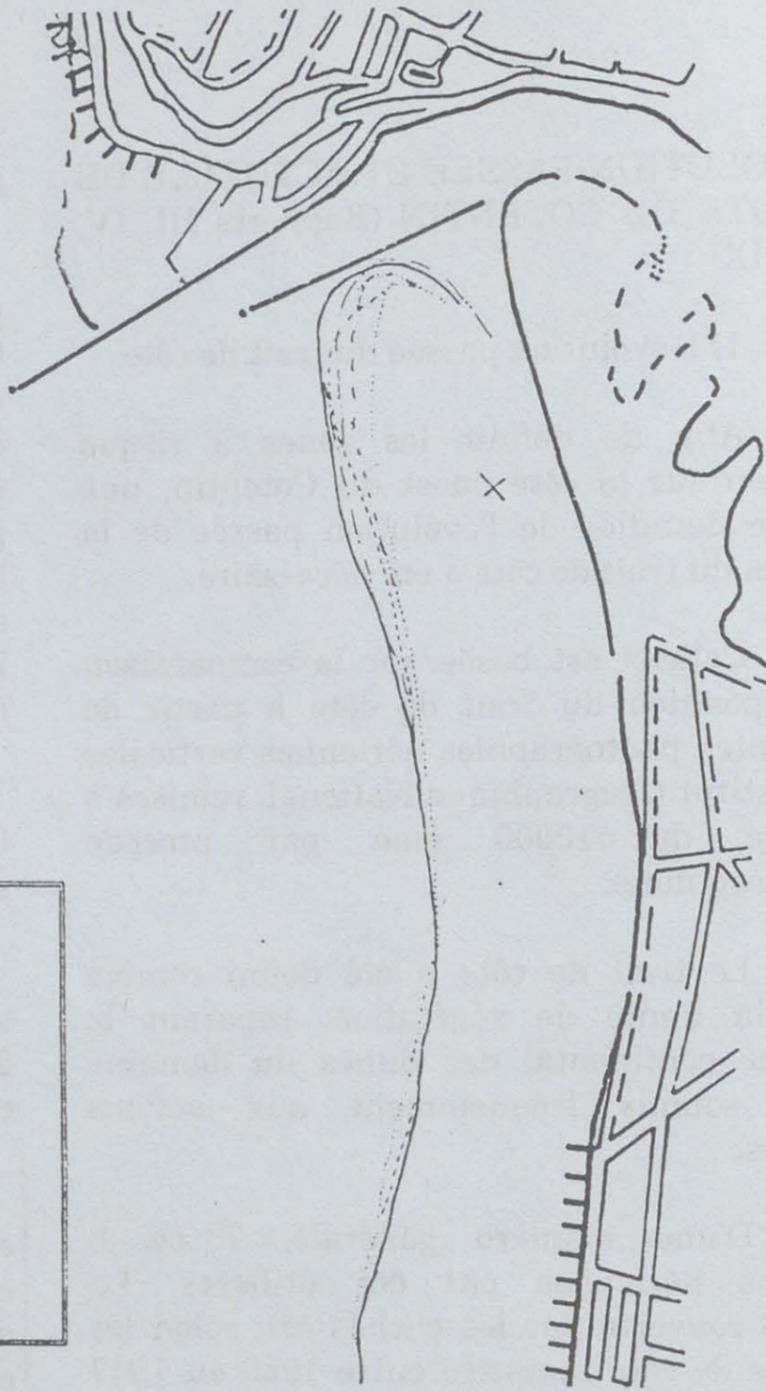
Au total, depuis 1947, le bilan entre les terrains érodés et ceux qui ont été gagnés sur la mer est négatif. Environ 440 000 m<sup>2</sup> ont été érodés, représentant un volume de sables d'environ 900 000 à 1 300 000 m<sup>3</sup> qui a été rétrocedé aux plages.

Les courbes évolutives tracées pour différentes stations de référence sont à mettre en relation avec les tempêtes répertoriées dans le passé. Ainsi, il apparaît très nettement des phases érosives intenses entre 1955 et 1965 (tempêtes de 1960 et 1962), entre 1972 et 1978 (tempêtes de 1974 et 1978) et depuis en 1984 (tempête de novembre 1984) et 1990.

L'élévation historique du niveau moyen des mer, évaluée à environ 6 cm depuis la fin de la dernière guerre sur la côte du Cotentin, n'est donc pas directement responsable du recul des côtes, qui est loin d'être généralisé. Les résultats obtenus à partir de l'analyse des photographies



x



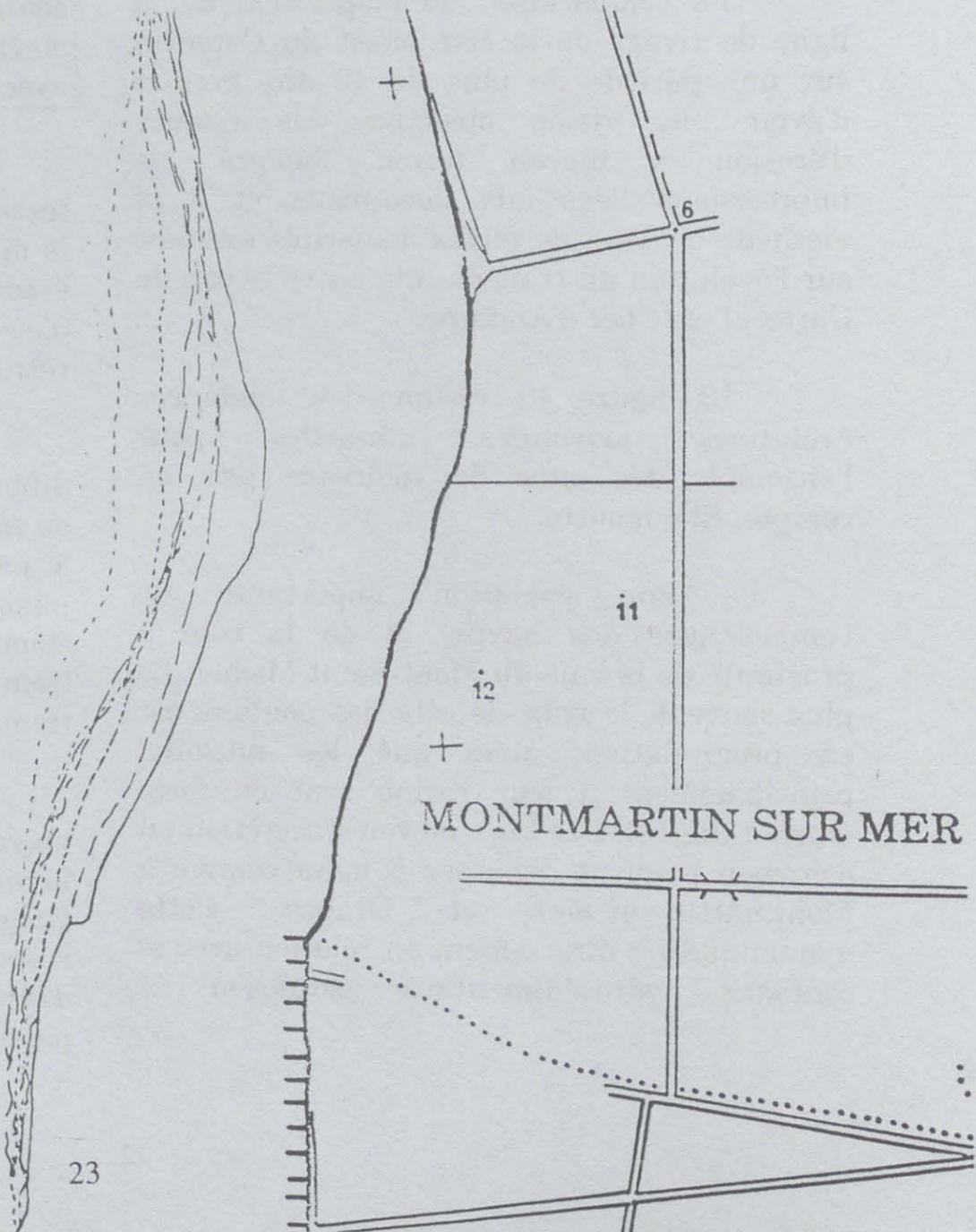
### FLECHE DE BARNEVILLE

LEGENDE (de Barneville-Carteret à Portbail)	
1929:	.....
1947:	-----
1955:	-----
1965:	-----
1972:	-----
1978:	-----
1982:	-----
1984:	-----
limites de communes: ..... limites de cantons: -----	

+

LEGENDE (de Montmartin-sur-Mer à Hauteville-sur-Mer Nord)	
1947:	.....
1955:	-----
1965:	-----
1969:	-----
1973:	-----
1979:	-----
1984:	-----
1990:	-----
limites de communes: ..... limites de cantons: -----	

### ANSE DE MONTMARTIN-SUR-MER



aériennes verticales montrent que les fluctuations positives ou négatives de la ligne de rivage sont liées à la circulation des sédiments et des corps sédimentaires sur les estrans et aux modifications morphologiques qu'ils induisent en interaction avec les paramètres hydrodynamiques.

## 2) L'évolution actuelle du trait de côte

### 2.1) Les méthodes de mesures :

#### \* La périodicité des levés

Les levés sont repartis périodiquement sur l'année afin de mettre en évidence les évolutions saisonnières. Les 4 levés prévus se répartissent successivement en fin d'hiver, en début d'été, en fin d'été et en début d'hiver. En fait, cette répartition est ajustée aux événements hydrométéorologiques qui interviennent durant l'année, en fonction des tempêtes et des marées de coefficients élevés.

#### \* Les techniques de mesure

Les mesures des limites de trait de côte et de végétation sont réalisées à l'aide d'un distancemètre à infrarouge, au niveau des profils perpendiculaires à la côte, balisés par un couple de bornes situé en haut de plage. 68 profils répartis sur l'ensemble de la côte permettent d'assurer le suivi de Barneville au Bec d'Andaine (fig.15).

### 2.2) Les tendances actuelles par rapport aux tendances évolutives pluriannuelles

#### \* L'atténuation des tendances évolutives pluriannuelles :

Sur les 68 stations de mesures, 15 montrent une nette atténuation des tendances évolutives pluriannuelles tout en conservant le même sens d'évolution (fig.16):

- les tendances à l'accrétion atténuées sont observées sur les profils (fig.17):

P16S, P21, P22, P63, P76, P107.

Ces profils sont situés au niveau des flèches sableuses (Lindbergh, Surville, pointe

d'Agon, Bec d'Andaine) ou de crochons en phase de progradation.

- les tendances érosives atténuées sont observées sur les profils :

P11, P37, P65, P66, P67, P84, P85, P88, P105.

Cette atténuation concerne des zones estuariennes (Montmartin et le Bec d'Andaine) et des secteurs de côtes entre des havres (Nord de Portbail, Créances, Bréville).

#### \* L'inversion des tendances évolutives pluriannuelles :

L'inversion de tendances concerne :

- des inversions de tendances érosives pluriannuelles sont constatées aux profils :

P38, P39, P86.

Les zones concernées sont situées entre des havres. L'inversion correspond à une tendance érosive supérieure à 1 m/an qui se transforme en une légère accrétion actuelle.

- les inversions de tendances à l'accrétion pluriannuelles sont observées sur les profils :

P33, P45, P46, P53, P61, P72 :

Ces inversions concernent des tendances à l'accrétion modérées qui ont été interrompues par une phase d'érosion ponctuelle poursuivie d'un réajustement de profil, marquant un léger recul du trait de côte.

Mais de réelles inversions de tendances sont seulement observées aux profils 33 et surtout 61, 72 où les morphologies deviennent caractéristiques d'une érosion active.

#### \* L'accélération nette des tendances érosives :

Deux secteurs sont concernés par une accélération actuelle de l'érosion :

- le secteur sud de Pirou avec le recul récent d'une banquette dunaire (P44), qui

Figure 14

EVOLUTION DU SYSTEME  
DE BEACH RIDGES  
DE GOUVILLE SUR MER (50)  
1947 - 1988

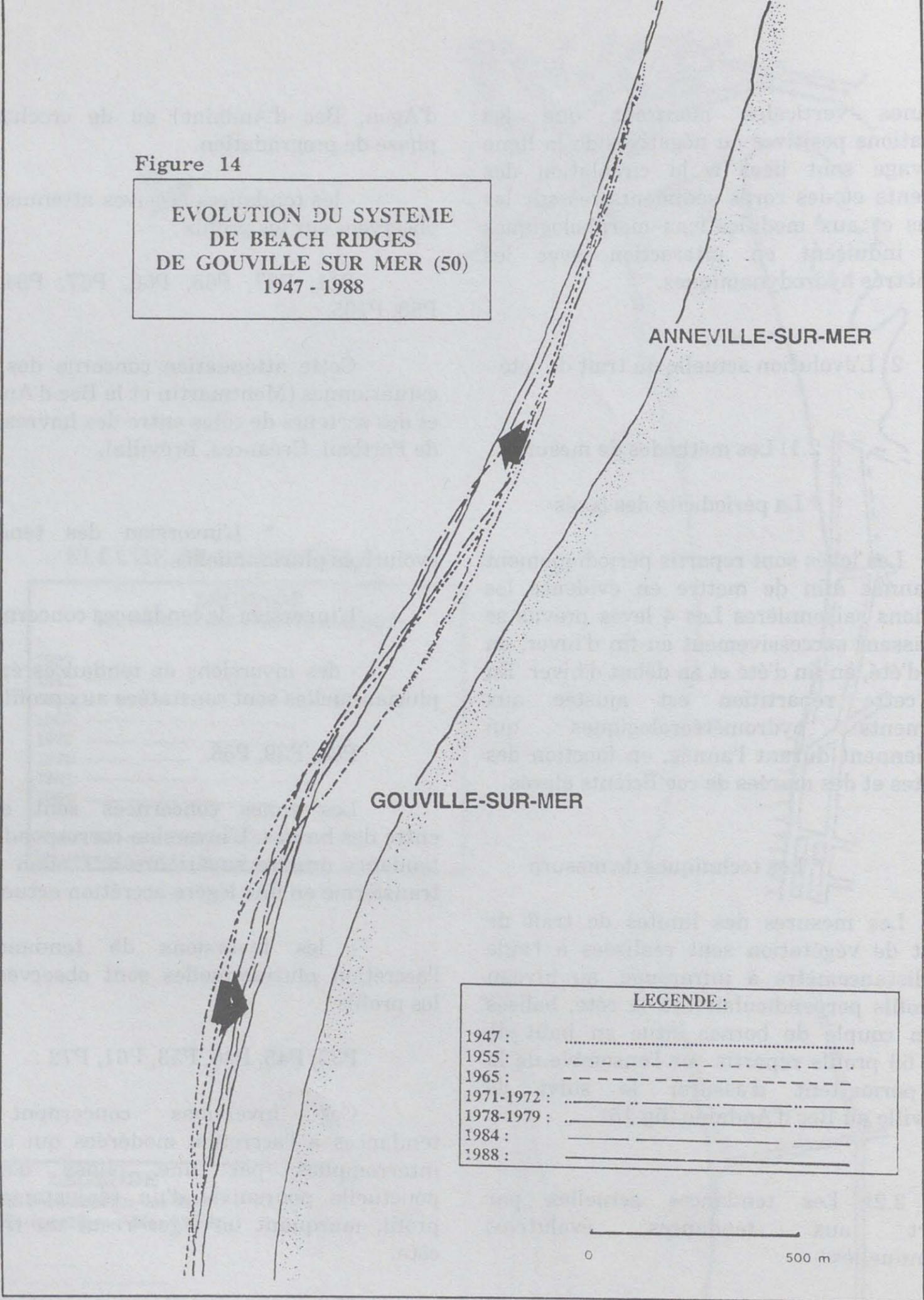
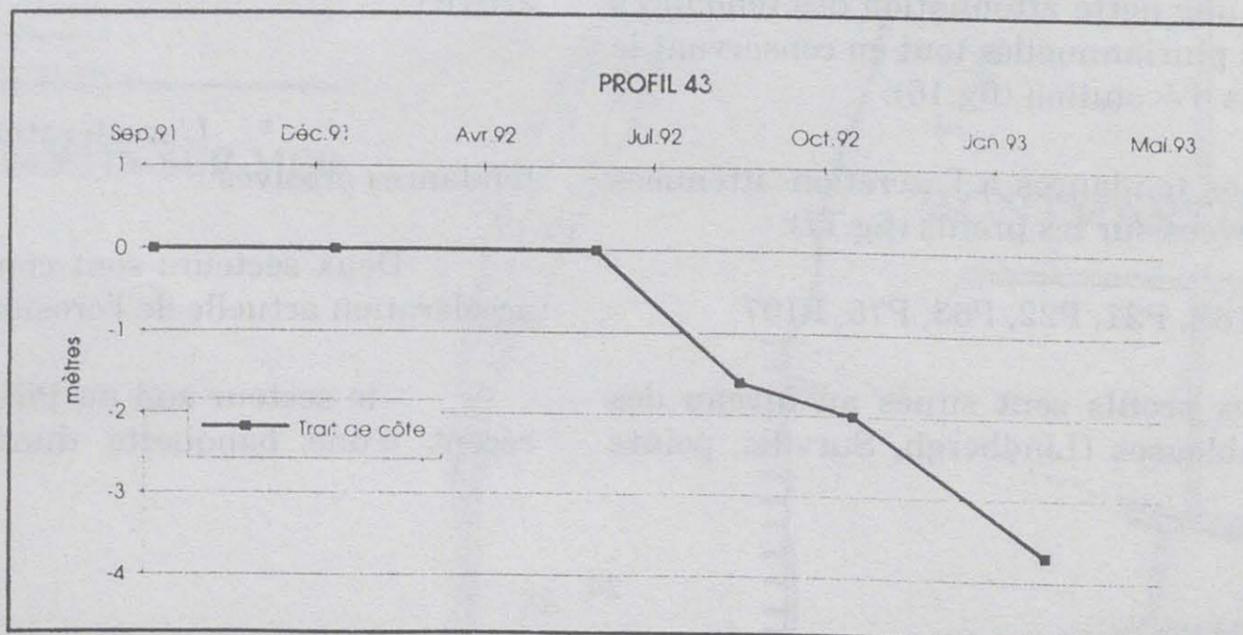
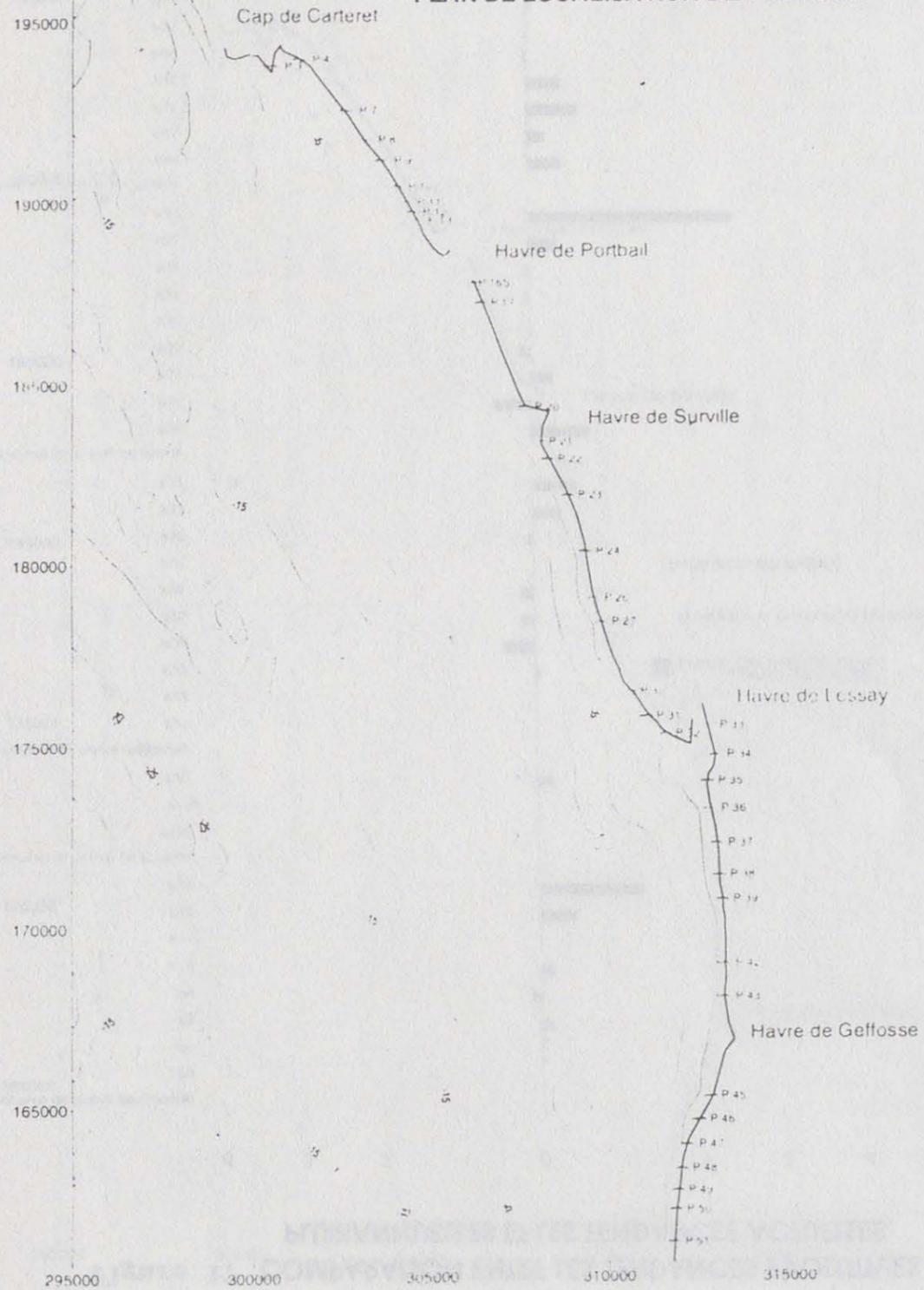


Figure 16

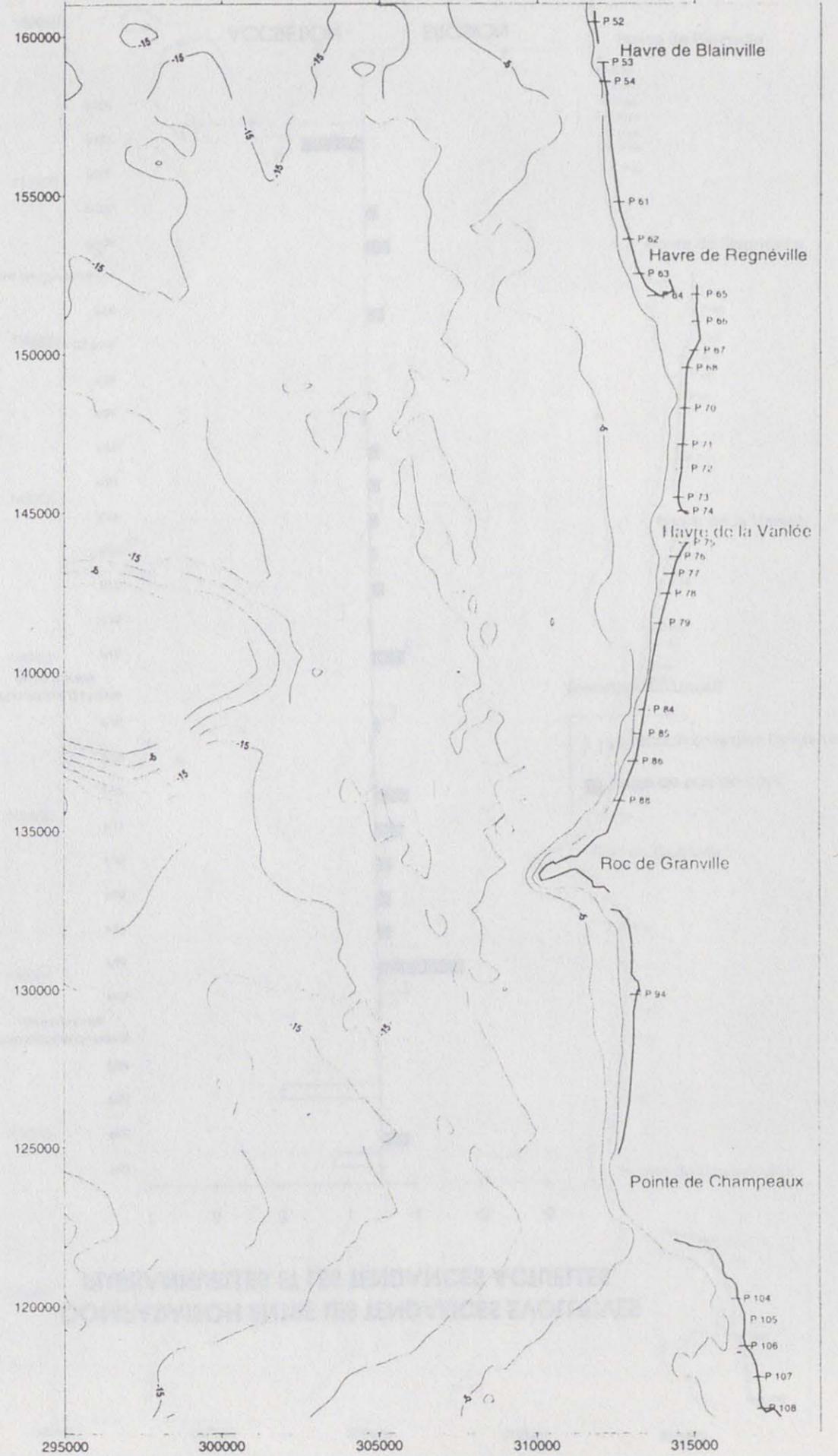


Exemple de suivi de l'évolution actuelle du trait de côte

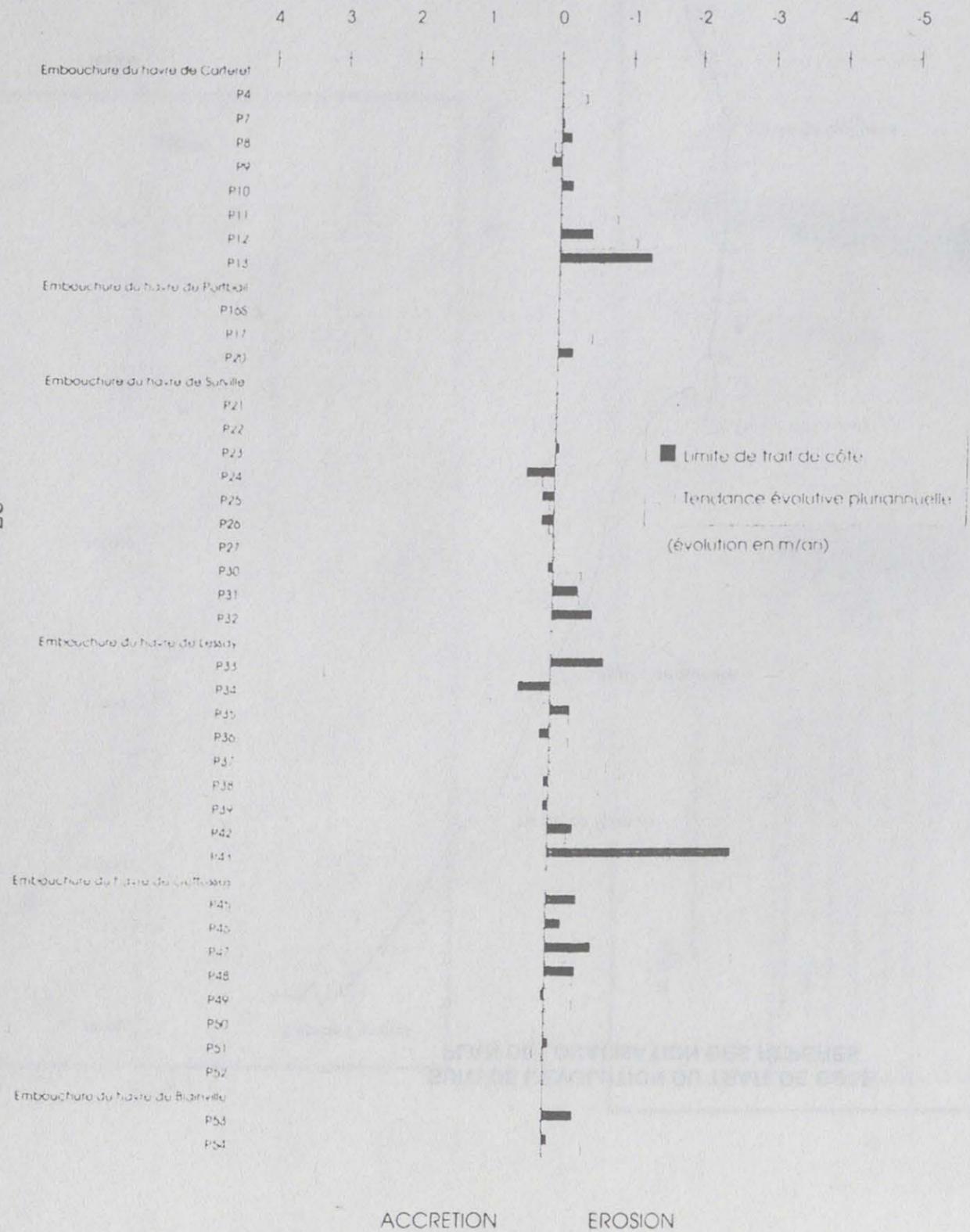
### SUIVI DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE PLAN DE LOCALISATION DES REPERES



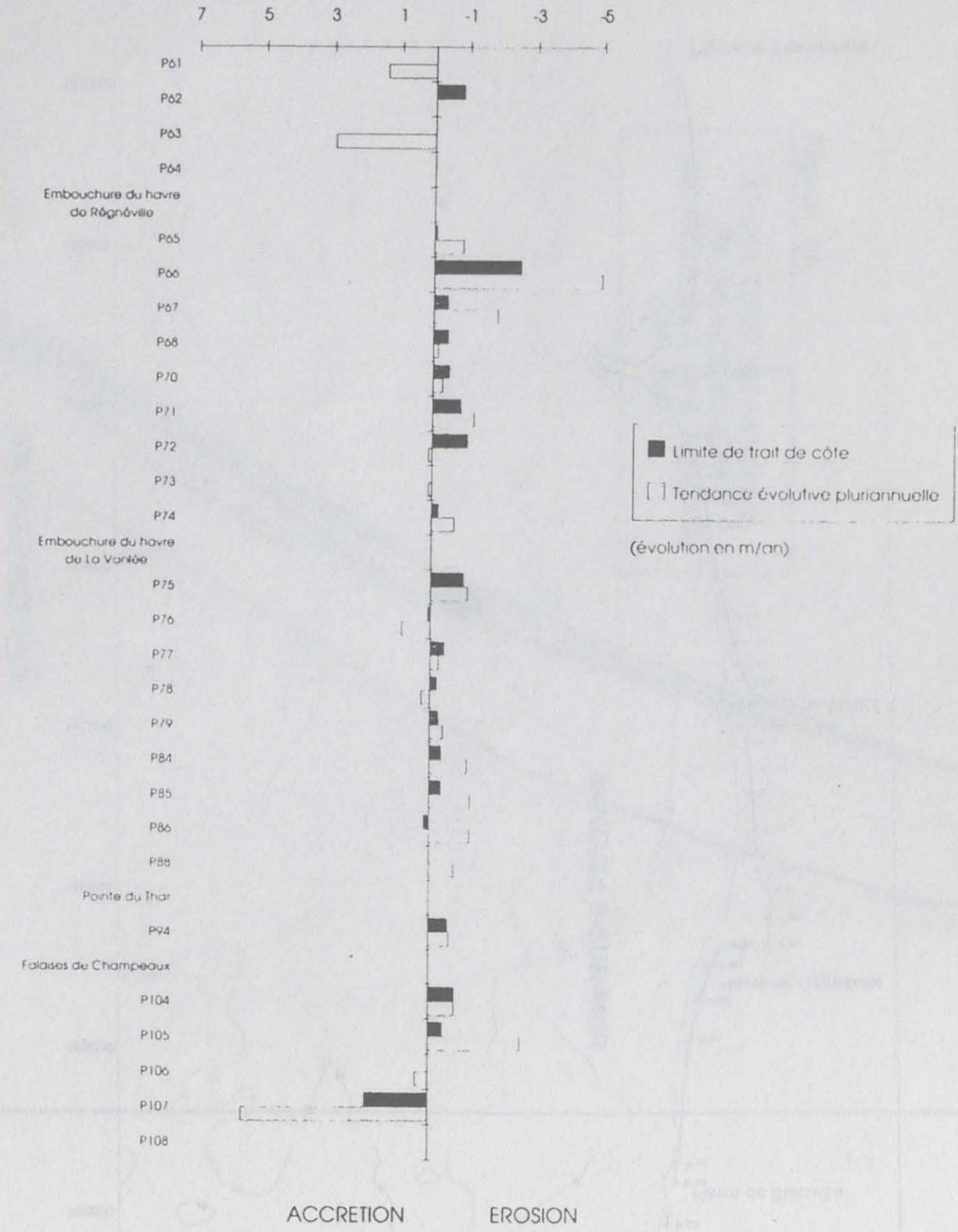
### PLAN DE LOCALISATION DES REPERES



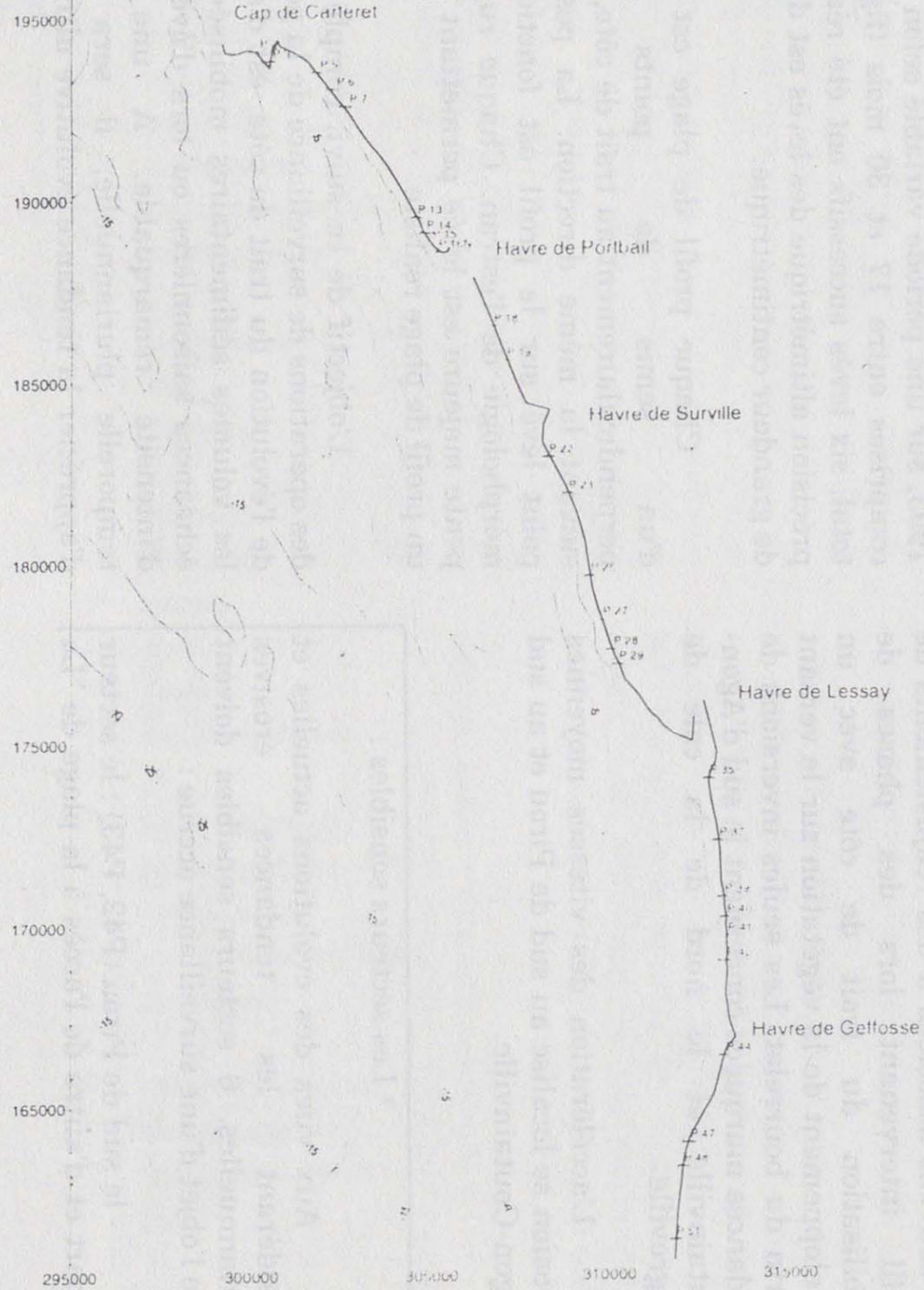
**Figure 17 COMPARAISON ENTRE LES TENDANCES EVOLUTIVES PLURIANNUELLES ET LES TENDANCES ACTUELLES.**



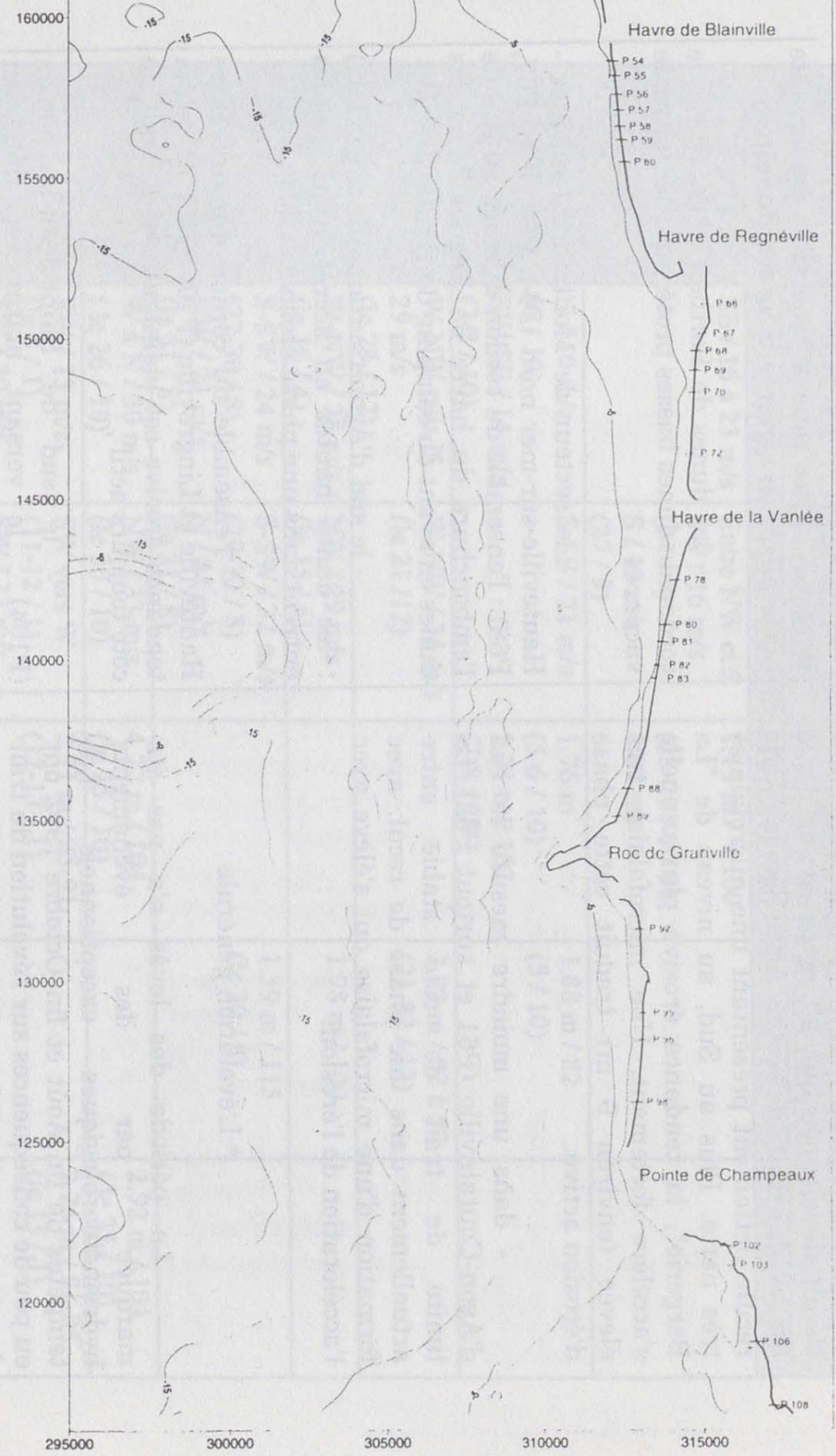
**COMPARAISON ENTRE LES TENDANCES EVOLUTIVES PLURIANNUELLES ET LES TENDANCES ACTUELLES.**



**SUIVI DES PROFILS DE PLAGE  
PLAN DE LOCALISATION DES REPERES**



**PLAN DE LOCALISATION DES REPERES**



s'était développée sur 20 m en avant de la limite de trait de côte. Actuellement, elle recule nettement présentant une microfalaise très nette. Plus au Sud, au niveau de "La Bergerie", la tendance érosive pluriannuelle s'accélère fortement. Une microfalaise très élevée (environ 9 m) traduit cette phase d'érosion active.

- dans une moindre mesure le sud d'Agon-Coutainville (P61 et surtout P62). La limite de trait de côte stable entre actuellement dans une phase de recul, avec formation d'une microfalaise qui s'élève avec l'accélération de l'érosion.

\* L'évolution générale :

La période des levés n'a pas été marquée par des événements hydrométéorologiques exceptionnels. Les tempêtes de fin Août et fin Octobre 1992 ont eu peu de conséquences sur l'évolution du trait de côte en raison des niveaux altimétriques élevés des plages sur l'ensemble de la côte. Si la tempête d'octobre a provoqué des reculs localisés, la plupart des profils attaqués se sont reconstitués lors de l'hiver et du printemps 92-93.

Sur l'ensemble de la côte, les tendances évolutives pluriannuelles s'atténuent. Les inversions de tendances sont peu significatives car souvent associées à des réajustements de profil intervenant lors des phases de stabilisation du trait de côte avec un développement de la végétation sur le versant marin du bourrelet. Les seules inversions de tendances marquées concernent le sud d'Agon-Coutainville et le nord de la cale de Lingreville.

L'accélération des vitesses moyennes d'érosion se localise au sud de Pirou et au sud d'Agon-Coutainville.

\* Les secteurs sensibles :

Aux vues des évolutions actuelles et considérant les tendances érosives pluriannuelles, 6 secteurs sensibles doivent faire l'objet d'une surveillance accrue :

- le sud de Pirou (P42, P43) : le secteur de part et d'autre de l'accès à la plage de "La

Bergerie". Une zone submersible importante est localisée en arrière du cordon dunaire ;

- les dunes de Portbail (P12, P13) : le cordon de dunes basses protégeant le centre de vacances ;

- le secteur de Montmartin-sur-mer - Hauteville-sur-mer nord (P64, P65, P66, P67, P68) : l'ensemble du cordon dunaire au sud de l'embouchure du havre de Régnéville et les dunes en avant du camping de Hauteville ;

- le sud d'Agon-Coutainville (P61, P62) : les dunes hautes en accrétion ou stables entrent dans une phase érosive active ;

- l'ensemble du cordon dunaire entre Hauteville et Lingreville (P70, P71, P72), où la tendance érosive est maintenue et le trait de côte toujours actif ;

- le sud de Saint-Jean-le-Thomas (P104) : le versant marin est taillé en microfalaise et recule régulièrement, la tendance érosive pluriannuelle s'atténue.

### 3) L'évolution actuelle des plages

Afin d'apprécier l'ampleur des fluctuations altimétriques des estrans sableux de la côte ouest du Cotentin, 55 profils de plage ont été suivis entre février 1991 et juillet 1993, sur une période variable selon les sites, comprises entre 17 et 30 mois (fig.18). Au total, six levés successifs ont été réalisés. La précision altimétrique des levés est d'un ordre de grandeur centimétrique.

Chaque profil de plage est composé d'un semis de points réalisé perpendiculairement au trait de côte, toujours suivant la même direction. La position du point levé sur le profil est fonction de la morphologie de l'estran. Chaque rupture de pente majeure est levée permettant d'obtenir un profil de plage réaliste.

L'objectif de ce suivi, complémentaire des opérations de surveillance de la position et de l'évolution du trait de côte, est d'apprécier les volumes sédimentaires mobilisés à des échéances saisonnières ou lors d'événements d'intensité remarquable. A une échelle temporelle pluriannuelle, il sera possible d'apprécier la tendance évolutive altimétrique

**Evènements hydrométéorologiques  
durant la période de suivi 1991-1993.**

DATES (COEFF >= 90)	CONDITIONS DE VENT (DIR / VII. MAX)		CONDITIONS DE HOULE (Hs MAX / COEFFICIENT)		
	CARTIRET	LE ROC	TROIS GRUNES	NATTES	VIDECO
24-27 / 9 / 91	SE / 16 à 23 m/s	Entre NW et S SW / 16 m/s (24 / 9) S / 19 m/s (27 / 9)	1.13 m / < 100  (28-29 / 9 / 91 1.89 m)		
6-10 / 10 / 91	N / 10 m/s (6 / 10) SW-SE / 14 m/s (7-8 / 10)	S-SE / 21 m/s	1.76 m (5-6 / 10) 2.21 m / 102 (7-8 / 10)	1.88 m / 82 (5 / 10)	
21-25 / 11 / 91	W-NW puis N 29 m/s (le 23 / 12)	W-NW / 34 m/s (le 21 / 12)		2.72 m / 92 à 97 (21-22 / 12)	
15-19 / 4 / 92	W-NW / 28 m/s (le 16 / 4)	NW / 29 m/s (le 15 / 4)		1.98 m / 100	
29 / 8 / 92 au 1 / 9 / 92	S-SW / 24 m/s (27-30 / 8) NW / 21 m/s (le 31 / 8)	S-SW / 32 m/s (27-30 / 8) N / 24 m/s (le 31 / 8)		1.39 m / 115 (le 30 / 8)	
24-28 / 10 / 92	W à N / 30 m/s (le 26 / 10)	NW / 33 m/s (le 30 / 10)	4.22 m / 104 (le 25 / 10)		2.92 m / 104 (le 25 / 10)
8-13 / 1 / 93	SW / 13 m/s (le 8 / 1) SW / 30 m/s (le 13 / 1)	SW vers W (11-12 / 1) SW / 33 m/s (le 13 / 1)	2.71 m / 95-91 (12-13 / 1)		2.26 m / 91-85 (le 13 / 1)

**Figure 19**

de l'estran (érosion ou sédimentation). Celle-ci influence directement l'évolution du trait de côte à long terme.

En outre, les profils réalisés permettent de caractériser l'altimétrie des hauts estrans devant les zones protégées ou à protéger contre la mer. Cet état initial indispensable pour la conception de nouveaux ouvrages de protection contre la mer permettra de qualifier ultérieurement les impacts induits par de nouveaux aménagements de protection et d'argumenter leur efficacité.

La période du suivi a été marquée par 7 principaux événements hydrométéorologiques dont les caractéristiques sont résumées dans la figure 19.

La figure 20 permet d'apprécier le degré de mobilité de chaque profil de plage en prenant en compte:

- l'amplitude maximale d'évolution enregistrée au cours du suivi,
- le volume maximum de sédiments remaniés, ainsi que l'épaisseur moyenne des remaniements sédimentaires sur la longueur de profil analysée.

#### *l'importance du cadre morphologique*

L'évolution altimétrique des estrans de la côte ouest du Cotentin entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine doit être analysée dans le cadre du contexte morphologique de chaque profil. Ainsi, les modifications de la géométrie des plages seront différentes en fonction de la localisation du profil, notamment:

- à proximité d'un cap rocheux, comme à Carteret ou à Saint-Jean-le-Thomas,
- dans l'embouchure d'une zone estuarienne, comme à Montmartin-sur-mer, au bec d'Andaine, à Créances ...
- sur une plage ouverte, exposée directement aux influences du large, comme cela est le cas pour la plupart des profils.

Par ailleurs, il est intéressant de rappeler si le profil étudié est situé à proximité d'un ouvrage transversal ou longitudinal, une évolution plus spécifique de l'estran peut être observée.

#### *L'amplitude des fluctuations altimétriques de l'estran*

La mobilité maximale de l'estran est enregistrée principalement sur la haute plage, entre le niveau des plus hautes mers de mortes-eaux et le niveau des plus hautes mers de vives-eaux, sur les plages ouvertes. La largeur de plage affectée par ces mouvements est:

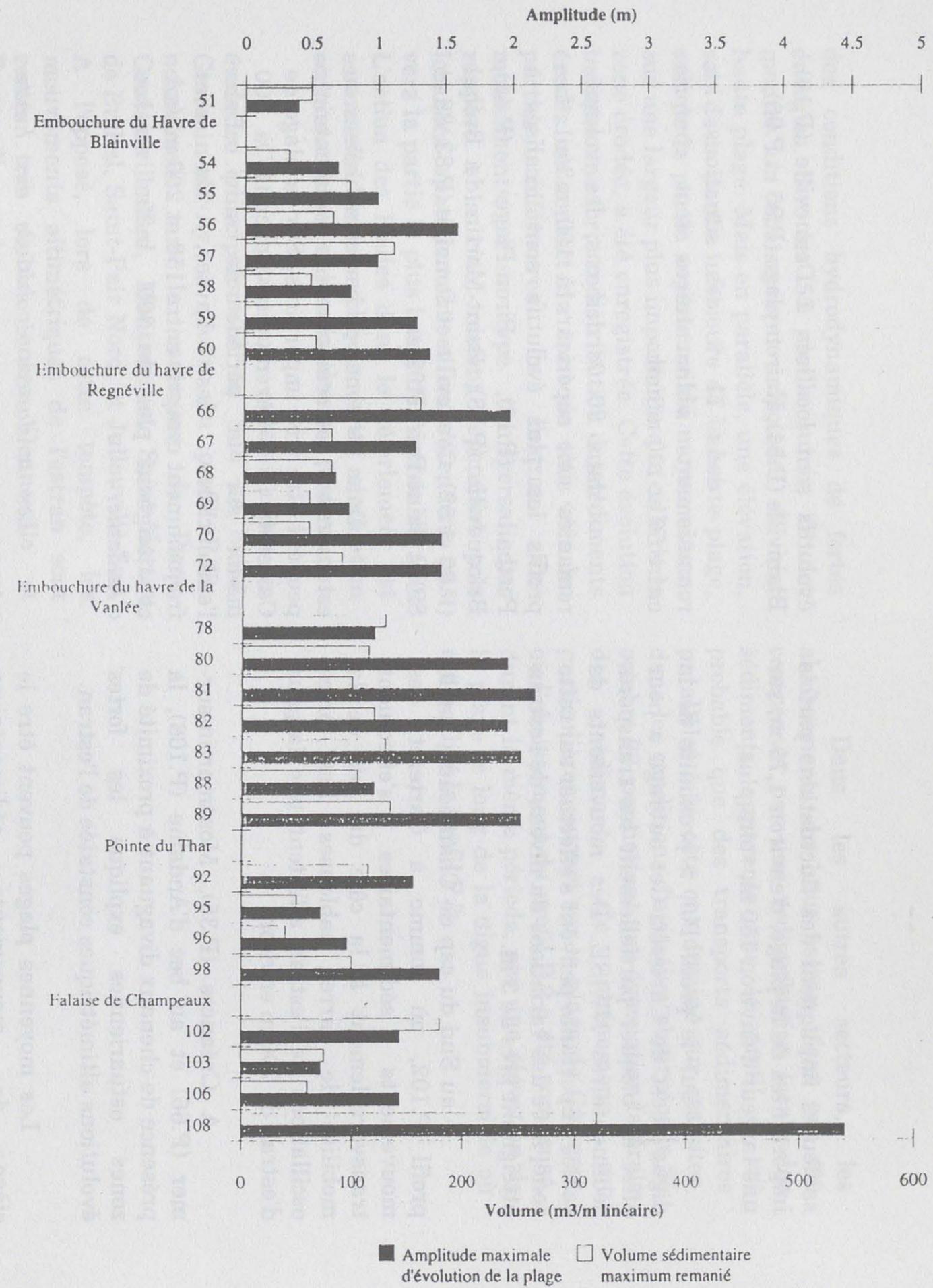
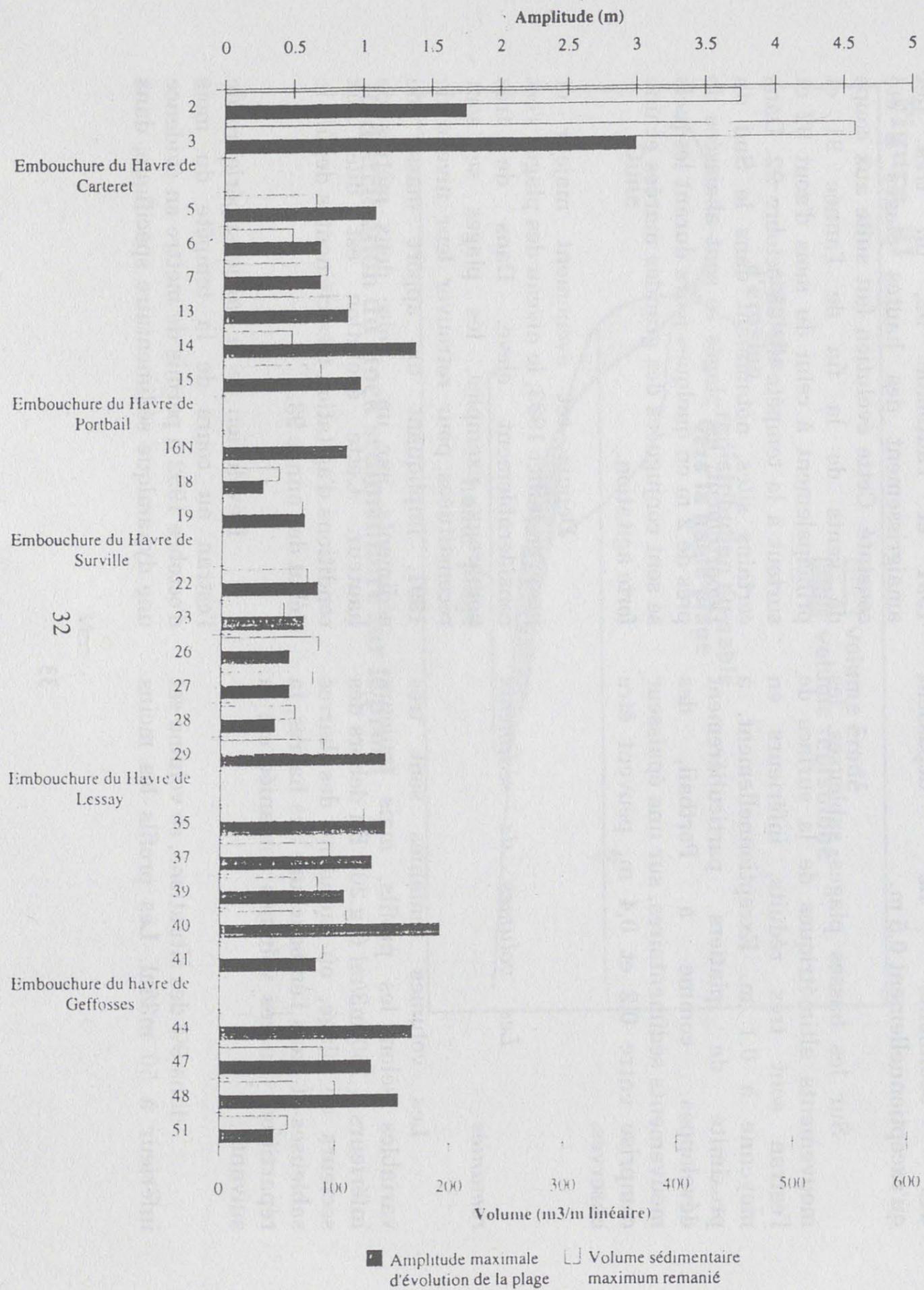
- dans 23,4 % des cas, de 20 m à partir du trait de côte;
- dans 38,3 % des situations, de 50 m;
- dans 29,8 % des situations, de 100 m;
- et dans seulement 8,5 % des cas, les fortes fluctuations altimétriques de la plage affectent une largeur de plus de 100 m.

En moyenne, devant les secteurs dunaires, les oscillations du niveau altimétrique des plages sont légèrement inférieures à 1 m. Les valeurs minimales, environ 0,4 m, ont été enregistrées au Nord du havre de Blainville, sur le profil P.51. Les évolutions maximales, environ 1,5 m, sont observées entre Hauteville-sur-mer et Lingreville (P.70 et P.72).

Devant les ouvrages de protection contre la mer longitudinaux, l'évolution moyenne sur la haute plage est d'environ 1,15 m. Les fluctuations de niveau sont maximales au pied des ouvrages. Cette valeur est peu différente de celle observées devant des secteurs dunaires. Cependant, la fourchette des valeurs mesurées est plus large, avec des évolutions très faibles à Denneville-plage (P.18), d'environ 0,3 m et très fortes à Saint-Martin de Bréhal (P.81) avec un mouvement du niveau de la plage, sur la durée du suivi, atteignant 2,2 m.

Des exceptions sont observées notamment, au Nord et au Sud de la zone étudiée:

- sur le profil P.2, au Nord de Carteret, des mouvements transversaux de barres



sableuses impliquent des fluctuations parfois importantes de la plage, d'environ 1,75 m, sur une largeur d'environ 150 m, voire plus,

- sur le profil P.3, à proximité de la digue ouest de Carteret. Cet ouvrage a pour effet de bloquer partiellement les transports sédimentaires NW-SE. Des mouvements de sables importants peuvent s'effectuer sur cette zone, avec des variations du niveau de l'estran atteignant près de 3 m.

- au Sud du cap de Champeaux, sur le profil P.102, où comme à Carteret, des mouvements sédimentaires s'effectuent transversalement à la côte du fait de la mobilité de barres sableuses. Les fortes oscillations de l'estran affectent une largeur d'estran de 200 m environ.

A Créances (P.35), Montmartin-sur-mer (P.66) et au bec d'Andaine (P.108), la présence de chenaux divaguant à proximité de zones estuariennes explique les fortes évolutions altimétriques constatée de l'estran.

Les moyennes plages peuvent être le siège de mouvements sédimentaires importants. Souvent, ces évolutions sont consécutives à celles observées sur la haute plage. Cependant, les oscillations du niveau des sédiments ne dépassent qu'exceptionnellement 0,5 m.

Sur les basses plages sableuses, les mouvements altimétriques de la surface de l'estran sont très réduits, inférieurs en moyenne à 0,1 m. Exceptionnellement, à proximité de platiers particulièrement développés, comme à Portbail, des mouvements sédimentaires, sur une épaisseur comprise entre 0,2 et 0,4 m, peuvent être observés.

#### *Les volumes de sédiments remaniés*

Les volumes remaniés sont très variables selon les profils, mais toujours inférieurs à 150 m<sup>3</sup>/ml (fig.20). En dehors des secteurs de plage, où circulent des barres sableuses et dans l'embouchure des havres, la répartition de ces volumes remaniée est la suivante:

- dans 9% des situations, ce volume est inférieur à 50 m<sup>3</sup>/ml. Les profils les moins

évolutifs sont localisés à Denneville (P.18), Blainville (P.54), Kairon-plage (P.95 et P.96),

- dans 71 % des situations, les remaniements sédimentaires sont compris entre 50 et 100 m<sup>3</sup>/ml.

- dans 20 % des cas, les volumes remaniés sont supérieurs à 100 m<sup>3</sup>/ml. Les profils les plus évolutifs sont localisés à Portbail (P.13), Pirou-Plage (P.40), Bricqueville (P.78), Saint-Martin de Bréhal (P.80 et 82), Coudeville et Donville (P.83, 88 et 89) et Saint-Pair (P.92).

Dans les zones de barres sableuses ou estuariennes, les remaniements sédimentaires peuvent être très importants. Sur la plage de Carteret, ils s'élèvent, en moyenne, à 500 m<sup>3</sup>/ml sur la période de suivi. Dans l'embouchure des havres, ils sont fréquemment compris entre 150 et 200 m<sup>3</sup>/ml, et atteignent plus de 300 m<sup>3</sup>/ml au bec d'Andaine.

#### *Les tendances évolutives des hauts estrans*

Compte-tenu des conditions hydro-météorologiques, entre le début des suivis en 1991 et l'automne 92, un très net amaigrissement des hauts plages a été constaté. Cette évolution fait suite aux coups de vents de la fin de l'année 91 et principalement à celui du mois d'août 92 et surtout à la tempête du 25 octobre 92. Dans certains sites, notamment dans le Sud du Département, les plages se sont abaissées de près de 2 m en quelques jours durant lesquels se sont conjuguées des grandes marées et une forte agitation.

Depuis cet événement majeur et jusqu'en juillet 1993, le niveau des plages s'est considérablement élevé. Dans de très nombreux exemples, les plages se sont reconstituées pour retrouver leur niveau de 1991, impliquant un apport massif de sédiments, sur un , voire deux mètres de hauteur. Cette évolution est due aux conditions d'agitation très clémentes depuis le début de l'année 93.

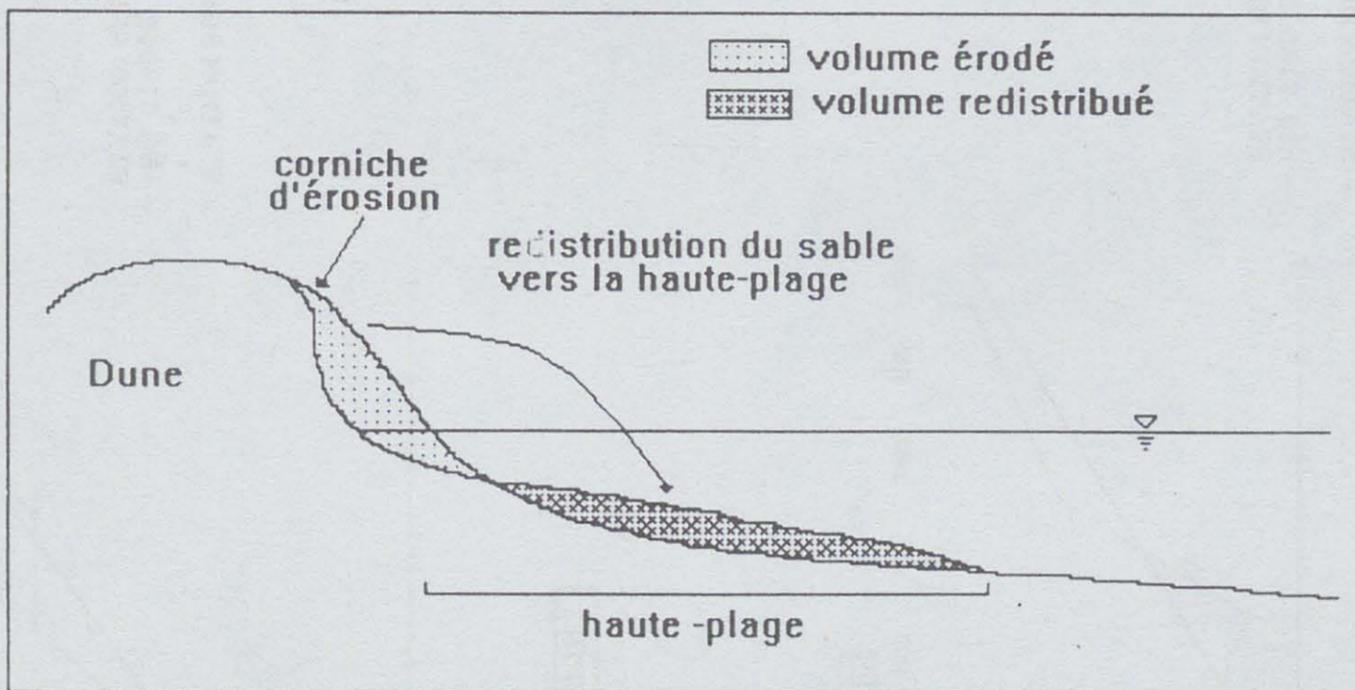
L'évolution de la partie supérieure de l'estran au cours de la tempête du mois d'octobre 1992 a permis de mettre en évidence une dynamique sédimentaire spécifique, dans

des conditions hydrodynamiques de fortes énergies. Sur les 55 profils suivis, 28 ont montré un abaissement important de leur haute plage. Mais en parallèle, une élévation, soit de la partie inférieure de la haute plage, soit de la partie supérieure du moyen estran, sur une largeur plus importante que celle de la zone érodée, a été enregistrée. Cette évolution indique une forte redistribution des sédiments érodés au contact du trait de côte vers les parties inférieures de l'estran. Ces mouvements, d'un type transversal par rapport à la côte, restent cependant très localisés spatialement et ne s'étendent pas vers la partie la plus basse de l'estran (fig.21). L'action des houles dans le déferlement est essentielle pour expliquer cette circulation sédimentaire et sa localisation sur l'estran.

Dans les autres secteurs, les abaissements du haut estran n'ont pas été compensés par une redistribution locale des sédiments apparente sur le profil. Il est probable que des transports sédimentaires parallèles à la côte ont dominé sur ces sites, dans les conditions d'agitation observées le 25 octobre 92, permettant une évacuation latérale des sédiments. Ce phénomène est particulièrement net sur la plage de Carteret, où l'abaissement du profil P.2 a été compensé, durant la même période, par une élévation de la plage le long de la digue insubmersible où est localisé le profil P.3.

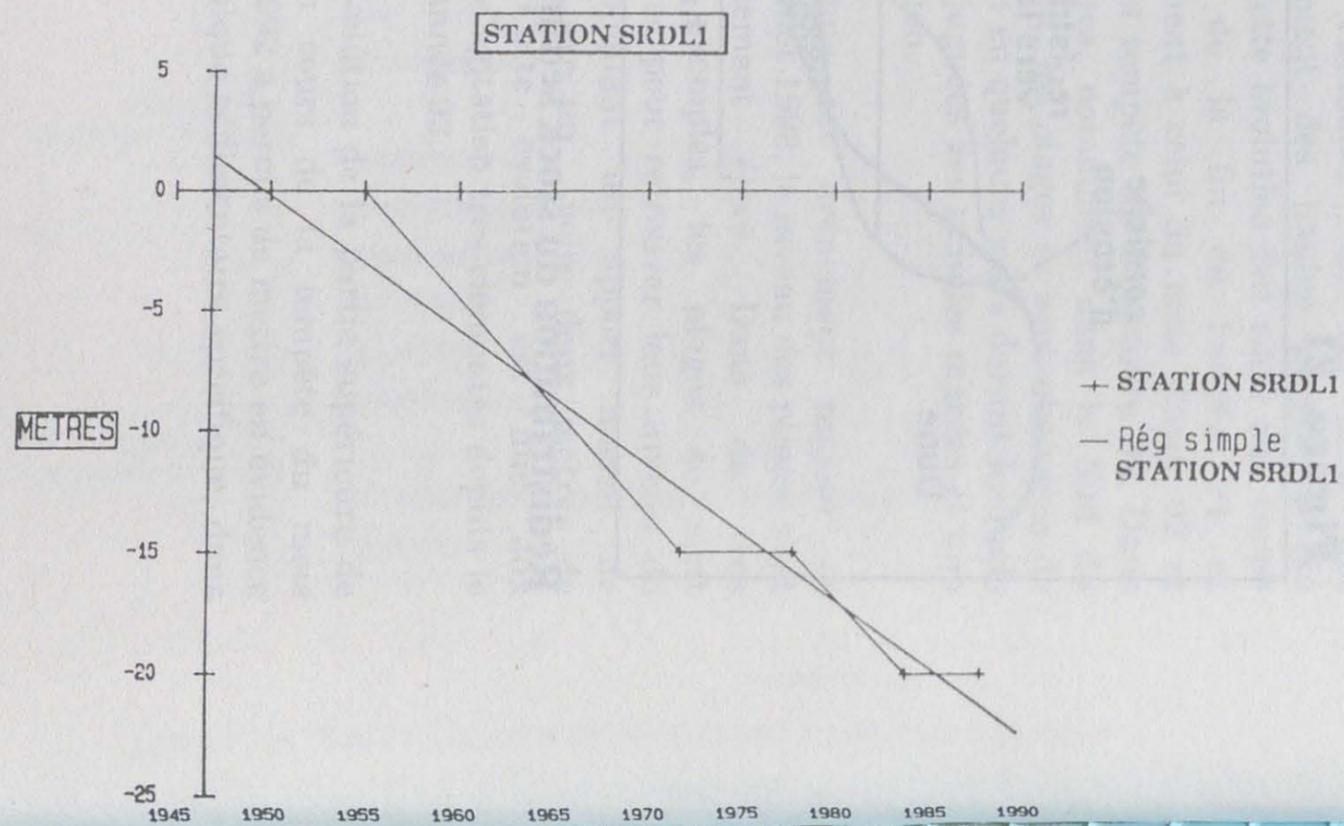
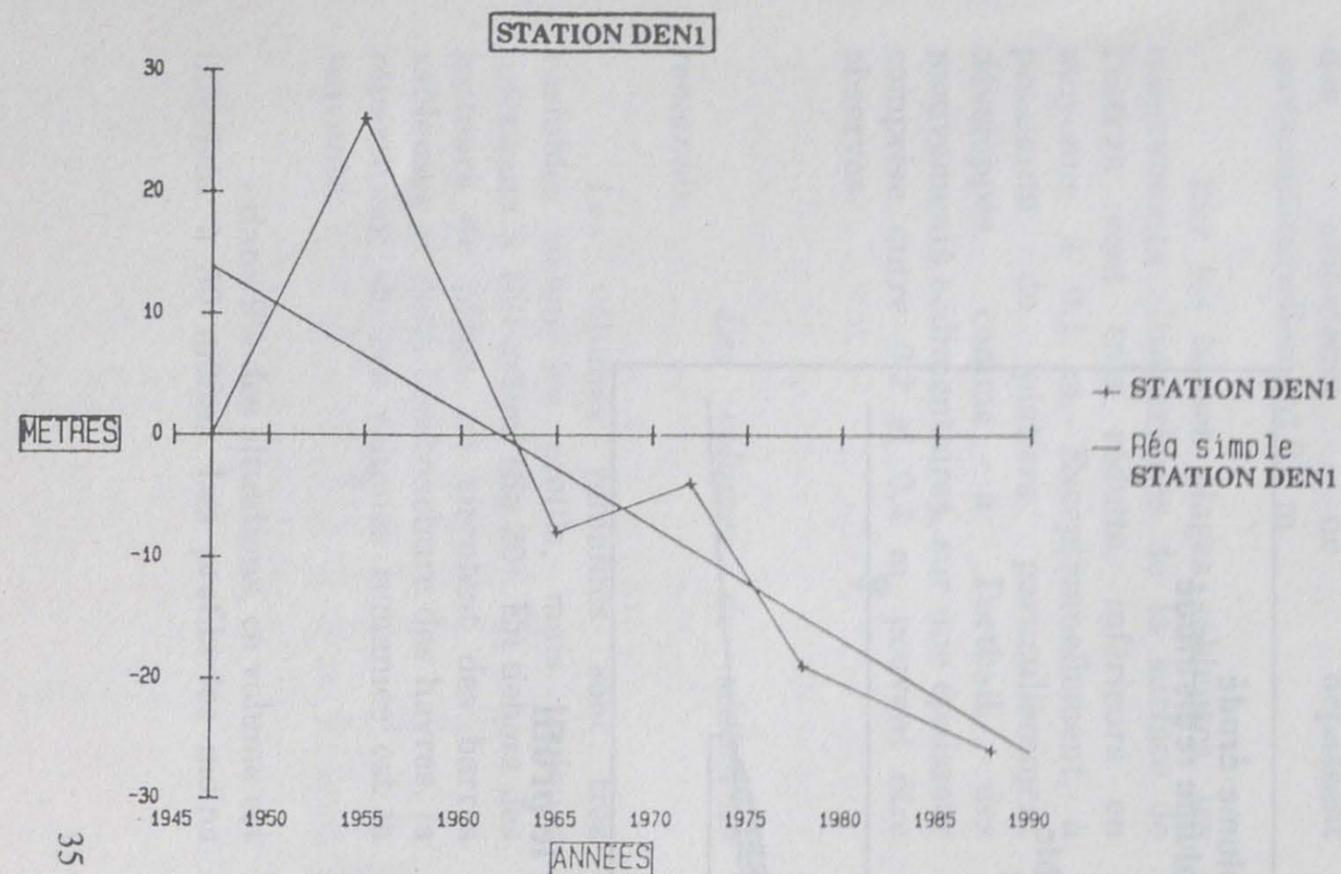
Cette dynamique a été mise en évidence principalement au Sud de Saint-Germain-sur-Ay, à partir du profil P.28., notamment sur la commune de Pirou, Coutainville-Sud, Montmartin, Saint-Martin de Bréhal, Saint-Pair Nord, et Jullouville-Sud. A l'opposé, lors de cette tempête, les mouvements altimétriques de l'estran sont restés très faibles entre Denneville et Bretteville-sur-Ay.

Figure 21



Redistributión du stock sédimentaire sur le profil

Figure 22 : Exemple de projection de l'évolution passée du trait de côte par une droite de régression simple



Type de Côte	Principaux secteurs concernés	Largeur des terrains érodables à échéance de :		
		10 ans (an 2 000)	50 ans (an 2 040)	100 ans (an 2 090)
Côte à falaises de roches dures	Cap de Carteret, du Rozel et Nez de Jobourg	/	/	/
Côte à falaises de roches meubles	Côte du Nord Cotentin entre la Baie d'Ecalgrain et Cherbourg, Cherbourg et le Cap Lévi	10 à 20m (éboulements)	20 à 30m	40m
Côte sableuse	Carteret-Rozel Anse de vauville Pointe Lévi - Cap de Barfleur Anses entre pointe de Barfleur et Pointe de Saire, Saint-Vaast, Baie des Veys	3 à 6m	30m	55m

Figure 23 Zonage du risque d'érosion. Côte du Nord Cotentin - Baie des Veys - Cap de Carteret

**C/ ANALYSE DES RISQUES D'EROSION  
ET DE SUBMERSION**

## C/ ANALYSE DES RISQUES D'EROSION ET DE SUBMERSION (Rapports VII, VIII et VIII bis)

### 1) Caractérisation des aléas et définition des zones à risques

#### 1.1) Le zonage des terrains érodables

Afin de définir les terrains érodables à une échéance de 100 ans, plusieurs hypothèses ont du être prises en compte. L'évolution future de la côte en différents sites suivra une tendance, déduite de l'observation des photographies aériennes, identique à celle observée depuis plusieurs dizaines d'années (fig.22). Les processus gérant cette évolution sont donc considérés comme stables dans le temps. L'évolution future proposée exclut complètement toutes les interventions de l'homme sur le système hydrosédimentaire côtier.

Pour la côte du Nord Cotentin, entre la Baie des Veys et le cap de Carteret, les taux annuels de recul de la côte n'ont pu être définis qu'à partir de travaux bibliographiques existants. Ainsi, la figure 23 rappelle les dimensions des zones érodables à l'échéance de 100 ans dans des contextes lithologiques différents.

Sur la côte ouest du Cotentin entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine, l'utilisation de photographies aériennes a permis de comparer la position de la ligne de rivage à différentes dates et de déduire une tendance évolutive moyenne annuelle. Celle-ci, pouvant être très différente d'un site à un autre, est alors extrapolée sur 100 ans pour permettre d'évaluer le recul potentiel maximal pour un point donné de la côte. Chacune des positions extrapolées est ensuite reliée entre elles afin de définir une zone à risque d'érosion.

Ces évaluations prospectives ne tiennent pas compte d'une accélération future de la remontée du niveau des mers dans les 100 prochaines années qui pourrait directement provoquer, à priori, un recul plus rapide de la côte. La vitesse de remontée du niveau de la mer prise en compte est alors d'environ 1,3 mm /an compte tenu des mesures réalisées pour le site de Brest.

Certaines remarques doivent être faites pour les sites ne présentant pas une tendance évolutive érosive. En effet, deux cas de figure peuvent se distinguer:

- une accrétion constante de la ligne de rivage peut être observée, se traduisant par une tendance évolutive positive. Dans ce cas, il est considéré que le secteur de côte pris en compte ne subira pas d'érosion majeure. Il n'y a donc pas de risque d'érosion à cet endroit.

- une tendance évolutive positive recouvrant des phases successives d'accrétion et d'érosion de la côte, mais dont le bilan reste favorable à la progradation. Dans ce cas, la zone à risque d'érosion est considérée comme étant égale au recul maximal observé durant deux dates consécutives correspondant à des clichés aériens. Celle-ci correspond en fait à l'impact d'une tempête de grandeur décennale environ.

Un report graphique des zones à risques d'érosion sur les fonds de carte au 1/10000 ème de l'I.G.N. a été établi par rapport à une position de la ligne de rivage datant de 1958 pour l'ensemble de la côte du Nord-Cotentin (Rapport VII). Une réactualisation de la position moyenne du trait de côte a été réalisée à partir du taux de recul observé dans le passé.

#### 1.2) Le zonage des terrains submersibles

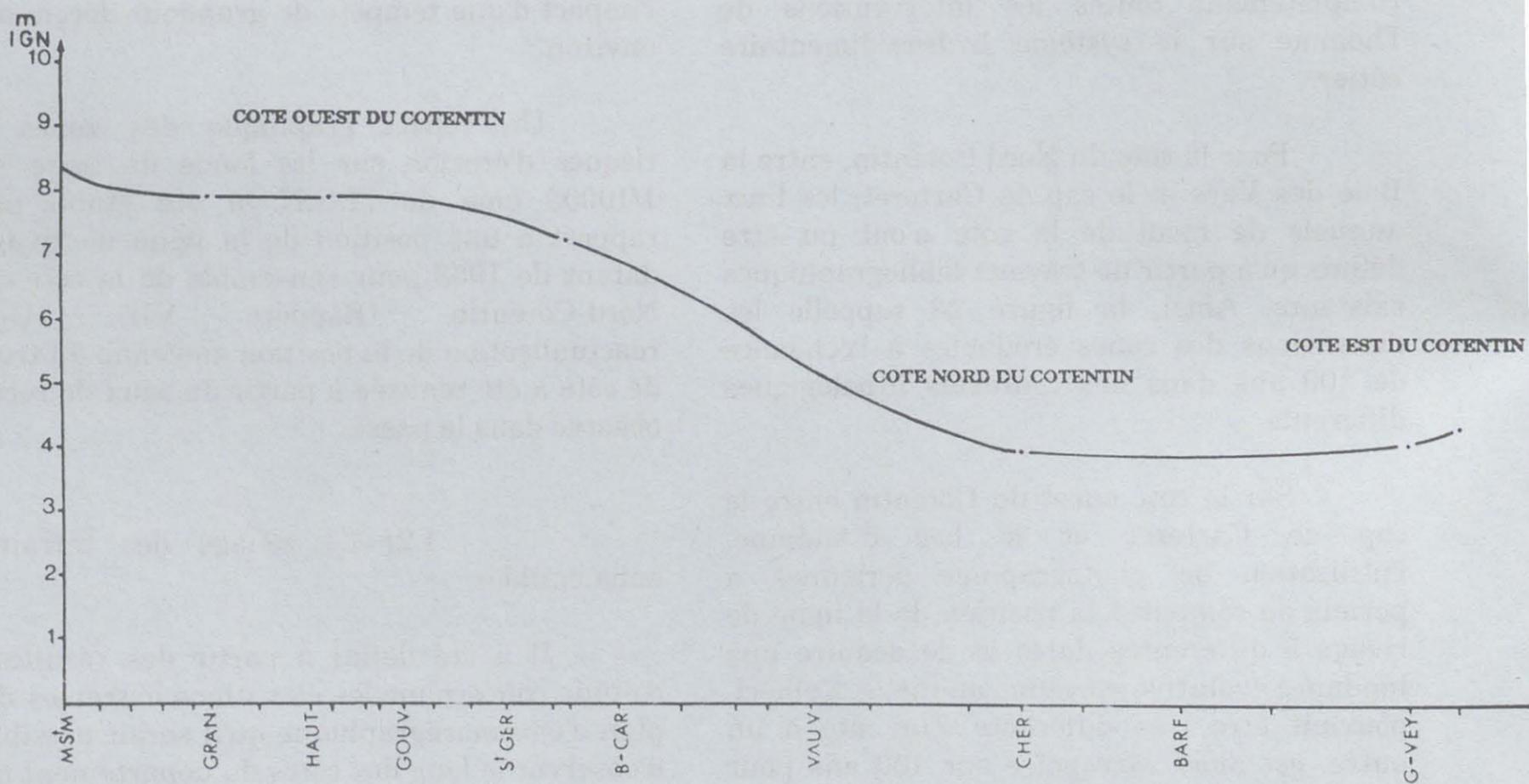
Il a été défini à partir des résultats d'étude concernant les élévations extrêmes du plan d'eau marégraphique qu'il serait possible d'observer le long des côtes du département de la Manche pour des événements de période de retour bisannuelle à centennale.

Une des principales conclusions de ces travaux a été la mise en évidence des faibles différences de niveaux entre une cote bisannuelle et centennale. Compte-tenu de la topographie des espaces supratidaux, il a été décidé de ne représenter cartographiquement que les zones dont l'altitude est inférieure à la cote marégraphique centennale.

La figure 24 présente la variation de hauteur d'une pleine mer centennale en cote I.G.N. 69 le long de l'ensemble du littoral du département de la Manche. Compte tenu de l'importante fluctuation de cette cote, liée

Figure 24

**VARIATION DE LA HAUTEUR DE PLEINE MER CENTENNALE  
LE LONG DE LA COTE DU DEPARTEMENT DE LA MANCHE  
(niveau moyen actuel)**



directement au marnage, il a été pris, par convention, de représenter cartographiquement le niveau centennal égal à:

- 4 m I.G.N. 69 entre la baie des Veys et Cherbourg,

- 4 à 7 m entre Cherbourg et Barneville-Carteret,

- 7 m à 7,5 m entre Barneville-Carteret et Saint-Germain-sur-Ay,

- 7,5 m à 8 m de Saint-Germain-sur-Ay à Gouville-sur-mer,

- 8 m de Gouville à la baie du Mont-Saint-Michel.

Des exemples de submersions passées ont montré qu'entre le niveau marégraphique d'une période de retour donnée et la surface topographique théoriquement submersible, des discordances importantes pouvaient être observées. Le rôle de la microtopographie (fossés, haies, talus...) dont les dénivelés sont d'un ordre de grandeur comparable à la différence de hauteur d'eau entre une cote marégraphique bisannuelle et une cote centennale est souvent déterminant dans l'extension de la zone submersible. Les données topographiques, quelles soient de l'I.G.N. ou obtenues plus ponctuellement dans le cadre d'opérations diverses, ne sont de toute façon pas suffisamment précises pour intégrer des écoulements de détail et préciser l'espace submersible.

Par conséquent, la définition d'un zonage des secteurs côtiers pouvant être soumis à des submersions sera souvent surestimée. En effet, dans le cas d'un plan d'eau statique de pleine mer parfaitement calme, le risque de submersion, même si la cote d'eau est centennale, est quasiment inexistant dans de nombreux endroits. Seules des digues protégeant des terrains topographiquement bas pourraient être débordées et céder. **Les zones de polders sont donc en premier lieu les plus vulnérables.** Ensuite, de nombreuses zones théoriquement submersibles de par leur altimétrie ne peuvent être atteintes par la mer actuellement. Dans ce cas, seule une érosion des dunes protégeant ces zones topographiquement déprimées, pourra, à terme permettre la création de brèches et par voie de conséquence, favoriser, la pénétration

des eaux marines à l'intérieur des terres. A une échéance de 100 ans et compte tenu de l'érosion intense sur certaines parties de la côte, cette dynamique entraînant des risques de submersion est prise en compte sur la côte du département de la Manche.

Enfin, certaines zones, localisées dans un cadre morphologique de plaine littorale ne sont a priori pas vulnérables à court terme, dans les conditions actuelles de niveau moyen de la mer. Néanmoins, dans une optique prospective, à l'horizon de la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle, ces secteurs pourraient plus fréquemment devenir submersibles. L'efficacité des techniques de protection de la côte conditionnera alors la plus ou moins grande vulnérabilité de ces sites.

### 1.3) Réflexions sur l'intensité des phénomènes à différentes échéances

Les cartes des risques d'érosion et de submersion le long des côtes du département de la Manche présentent d'importantes surfaces potentiellement menacées, notamment par les submersions marines. Cette vision n'est réaliste qu'à l'échéance de la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle, si aucun dispositif de protection n'est réalisé et si les ouvrages existants, dont la durée de vie est d'une trentaine d'années, ne sont pas entretenus.

Une remontée accélérée du niveau des mers, d'environ 70 cm pour le siècle prochain, pourrait engendrer une intensification des phénomènes d'érosion à des endroits relativement stables aujourd'hui. Les risques de brèches pourraient s'accroître et de ce fait le risque de submersion s'accroître dans certains sites. De même, une élévation du niveau moyen des mers augmenterait les surfaces submersibles, ainsi que la hauteur de la lame d'eau à l'intérieur de celles-ci; ces phénomènes ne sont pas pris en compte.

La cartographie des risques d'érosion et de submersion propose donc un zonage des secteurs potentiellement menacés reposant sur un certain nombre d'hypothèses qui évolueront dans le temps. Ainsi, la tendance évolutive de la position du trait de côte, qui détermine la largeur de la zone à risque d'érosion, est considérée comme linéaire dans le temps. Les conséquences de futurs aménagements de protection ne sont donc pas pris en compte. Dans d'autres sites, la

Figure 25

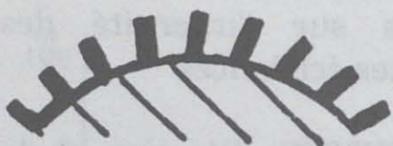
**LEGENDE DES CARTES D'ALEAS:**

**Remarques préalables:**

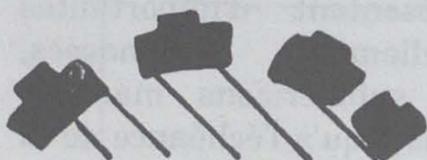
- 1°) Les limites de zone sont les bordures internes des surfaces hachurées.
- 2°) Le recul du trait de côte prévisionnel ne tient pas compte d'une éventuelle accélération de l'élévation du niveau moyen de la mer.
- 3°) Le zonage des espaces submersibles ne tient pas compte d'une élévation du niveau moyen de la mer.



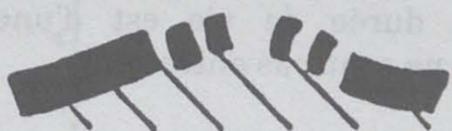
**Recul prévisible du trait de côte à l'échéance de 100 ans**



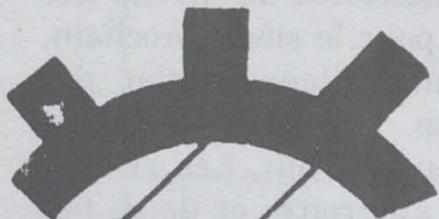
**Limite incertaine de l'extension maximale de la zone d'érosion**



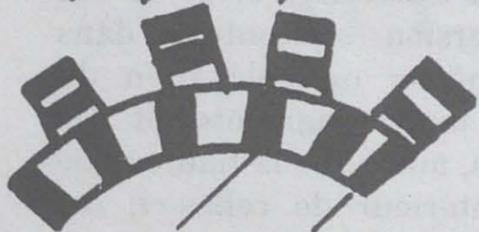
**Risques de brèche par érosion à l'échéance de 100 ans**



**Zone d'accrétion constante depuis 1947**



**Zone submersible lors d'une cote marégraphique centennale**



**Zone submersible incertaine**



**Digues de polder**



**Enrochements et digues en béton**



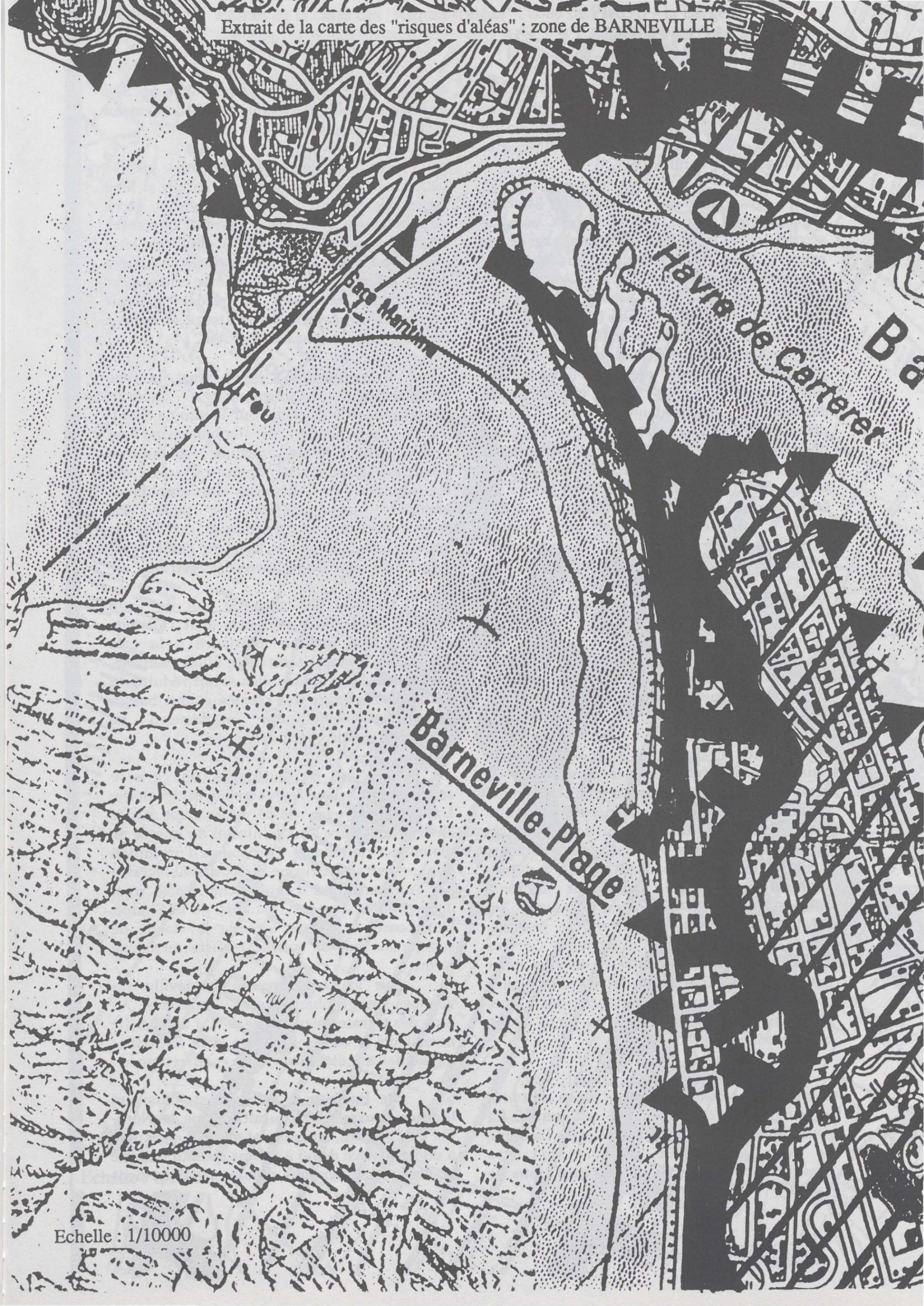
**Falaises rocheuses**



**Brèche potentielle**

**Echelle :**

**1/10000 ème**



fragilisation des digues, notamment de polders, accentuera les risques de submersion de certaines régions. Une reconsidération du problème sera donc nécessaire à différentes échéances dans le futur.

Une connaissance des risques littoraux à long terme, 80 à 100 ans, peut paraître secondaire du point de vue de l'aménageur par rapport aux risques plus immédiats, qui pourraient se produire à court terme, à une échéance de 5 à 10 ans environ et à moyen terme, soit dans 40 à 50 ans environ. Compte tenu de l'échelle retenue pour la réalisation des documents cartographiques et du type spécifique de risque que peuvent subir les côtes basses sableuses, il est impossible de distinguer graphiquement un zonage présentant les secteurs menacés par des phénomènes d'intensités différentes, comportant des prévisions échelonnées dans le temps. Seul un suivi de l'évolution future du trait de côte et de l'élévation du niveau des mers à une échelle locale, ainsi qu'une surveillance de l'état des ouvrages de protection permettra de réajuster et d'affiner dans le temps les prévisions actuellement réalisées.

1.4) Analyse des risques d'érosion et de submersion à court, moyen et long terme sur les côtes de la Manche (fig.25,26 et 27).

Dans la baie des Veys, les terrains conquis sur la mer, situés à plus de 2m en dessous de la cote de pleine mer centennale, sont actuellement très vulnérables compte tenu de l'état de dégradation des digues de polders. Les risques sont importants à court terme, malgré l'existence de digues secondaires qui ne pourraient contenir efficacement le flot du fait de la présence de brèches artificielles permettant le passage, notamment, d'engins agricoles. Des affaissements sont constatés en de nombreux endroits. Une surveillance de l'état des digues et des ouvrages évacuateurs des eaux pluviales est nécessaire dans les zones où les biens économiques sont élevés.

De Quinéville au Grand Vey, de nombreux terrains sont situés à des altitudes inférieures de 2 m à la cote centennale. La zone submersible apparaît très large. La digue de mer, relativement ancienne, doit être surveillée. Des risques de brèches dans le

cordon dunaire pourraient apparaître au Sud de l'ouvrage longitudinal au lieu-dit le hameau Mottet, à moyen terme.

A Utah Beach, les défenses privées peuvent s'avérer vulnérables à moyen et long terme. Une brèche induisant un risque accru de submersion, localisée au Nord de la réserve ornithologique est possible à une échéance d'environ 80 ans. Les terrains situés en arrière sont à 1,50m en dessous de la cote centennale. Une digue secondaire de polder pourrait constituer un obstacle qui limiterait fortement l'extension de la zone submersible.

De Quinéville à Saint-Vaast, la zone potentiellement submersible apparaît importante en superficie. Sur le site de Saint-Vaast, le risque de submersion est probablement faible, aucune submersion historique n'ayant été observée d'après des témoignages. Des données topographiques manquent pour préciser ce point. En l'occurrence, en cas d'événement extrême, la hauteur d'eau dans les rues de Saint-Vaast serait d'un ordre de grandeur décimétrique.

Le fond de l'anse du Cul de Loup possède des terrains endigués dont l'altitude est de 0.50m environ inférieure à la cote centennale. Compte tenu de ce faible dénivelé, l'extension d'une submersion serait réduite du fait de l'alternance des pleines et des basses mers permettant une intervention de protection rapide et efficace.

Au Nord de Quinéville, une grande zone potentiellement submersible est localisée. L'altitude moyenne de ce secteur est située environ un mètre sous le niveau de la cote de pleine mer centennale. L'existence d'un cordon dunaire évite tout risque direct de submersion par l'intermédiaire d'une brèche. L'aléa n'est donc possible que par l'estuaire de la Sinope. L'existence de digues atténue le risque de submersion qui ne semble réaliste qu'à long terme.

Sur le site même de Quinéville, les données topographiques sont imprécises. Au Sud, des terrains sont situés de 1 à 2m sous le niveau de la cote centennale. Les anciennes digues doivent être surveillées et entretenues.

De Barfleur à Saint-Vaast, plusieurs brèches pourraient apparaître dans le Nord-Est du Cotentin, notamment au fond des anses à une échéance de 50 à 80 ans compte tenu de la largeur des cordons dunaires qui ferment

Figure 26 Extrait de la carte des "risques d'aléas" : zone de PIROU - la Bergerie



Echelle : 1/10000

des zones topographiquement déprimées. Sur le site de Barfleur les risques sont très faibles. Les limites indicatives de la zone submersible ne correspondent à aucune réalité historique selon des témoignages. Les données topographiques utilisées sont probablement imprécises et le risque n'existe que dans le cas d'événement extrêmement rare, associé à une remontée du niveau de la mer. De toute façon, comme à Saint-Vaast, la hauteur d'eau ne pourrait être importante.

Sur la côte du Val de Saire, les risques de formation de brèches pouvant engendrer des submersions ne pourraient apparaître avant 80 à 100 ans. De toutes façons, l'extension des submersions resterait faible, les terrains vulnérables étant situés à environ 0.50m sous la cote centennale si celle-ci reste stationnaire.

De Cosqueville à Barfleur, les cordons dunaires barrant les marais littoraux risquent d'être détruits à une échéance de 50 à 80 ans. Un recul des cordons sur eux-mêmes suite à la formation d'épandages de tempêtes est aussi une évolution possible difficilement prévisible. La submersion de ces marais déjà humides est donc probable à moyen ou long terme. Des projections et le passage des vagues de tempête au-dessus de ces cordons de faibles hauteurs peut rendre le risque plus imminent.

Sur la côte nord du Cotentin, à l'Ouest de Cosqueville, les terrains érodables sont constitués de falaises de heads ou de limons pouvant s'effondrer brutalement. Le plus souvent, peu de biens sont vulnérables car ils sont situés en retrait par rapport à la corniche. Des risques d'érosion à moyen et long terme existent sur la commune d'Urville-Nacqueville, au lieu-dit Landemer. Sur le site de Cherbourg, des terrains sont localisés de plusieurs mètres en dessous du niveau des pleines mers centennales. Néanmoins, compte tenu des ouvrages qui protègent cette ville, les risques de submersions marines sont quasiment inexistantes pour les 100 prochaines années. Des inondations peuvent cependant affecter le centre de Cherbourg dans le cas d'une conjonction entre une forte marée et de fortes pluies contribuant à grossir les cours d'eau qui se jettent dans le port. Le blocage des portes à flot par la marée empêche les écoulements vers la mer et provoque des inondations temporaires en amont. Ces inondations apparaissent comme des conséquences indirectes de l'action de la mer.

Sur la façade nord-ouest du Cotentin, un risque de submersion existe sur la côte de la commune d'Auderville, à Goury. En mars 1990, les terrains côtiers protégés par un cordon de galets ont été submergés par les vagues déferlantes. Ces terrains représentent une faible superficie parallèle au trait de côte.

Dans l'anse de Vauville, les terrains menacés d'érosion sont principalement constitués de falaises de heads et de dunes. La mare de Vauville et son environnement immédiat sont menacés de submersion à une échéance de 50 à 80 ans. Plus au Sud, une attention particulière devra être portée sur l'évolution du débouché du ruisseau nommé le petit Douet. Un risque d'érosion existe au droit du centre de thalassothérapie.

Entre le cap du Rozel et celui de Carteret, les terrains côtiers érodables sont constitués essentiellement de dunes. A Surtainville, un risque de submersion existe à une échéance de 80 à 100 ans, dans le cas d'une destruction du cordon de dunes. Les terrains situés en arrière sont à une altitude de 2,5 à 3m en dessous du niveau de pleine mer centennale. Par ailleurs, une attention particulière devra être portée à l'ouvrage évacuateur des eaux pluviales et de drainage du bassin versant, qui doit être parfaitement étanche aux eaux marines.

De Carteret à Portbail, les risques de brèches dans le cordon dunaire pouvant entraîner des submersions sont nuls à court et moyen terme. Ils existent uniquement au Nord du secteur de côte enroché de Portbail à l'échéance de la fin du XXI siècle si le taux d'érosion passé se poursuit dans le futur. Différents ouvrages de protection devraient ralentir ce taux, notamment les épis dont la vocation est de maintenir une haute plage topographiquement élevée.

Le risque de submersion du secteur Barneville-Portbail est lié à l'existence de polders conquis en bordure des havres. A Barneville, une importante zone urbanisée est située parfois à plus de 3m sous le niveau marégraphique centennale. Une importante submersion de plus de 150 maisons a déjà été observée dans les années 70. Ce risque de submersion est à prendre en considération à court terme. Entre Barneville et Portbail, le risque est potentiellement moins important. Le rôle de la micro-topographie (talus, fossé...), la topographie moins déprimée, inférieure de 1,5 à 0,5m sous la cote centennale, et

Figure 27 Extrait de la carte des "risques d'aléas" : zone de MONTMARTIN-HAUTEVILLE



Hauteville-sur-Mer-Plage

Echelle : 1/10000

l'éloignement par rapport à la mer limiteraient l'extension des submersions. Contrairement à tout le secteur de Barneville qui est en contact direct avec la mer par le biais de digues de polders, le risque dans la plaine côtière n'existe qu'à long terme.

A Portbail, la zone submersible la plus vulnérable se situe dans la partie NW du havre. Elle est constituée essentiellement de polders, dont l'altitude est environ 1,5 m en dessous des plus hautes mers. Les digues, comme à Barneville, doivent donc être surveillées à court terme.

A Denneville, l'érosion qui pourrait affecter le trait de côte menacerait de nombreuses maisons situées sur le cordon dunaire. Ces habitations sont bien souvent défendues par des défenses privées plus ou moins solides, qui semblent cependant résister avec une relative efficacité aux tempêtes. Le fait qu'il n'existe pas de défenses collectives organisées, catalogue ce secteur de côte comme potentiellement érodable. Les particuliers ne pourraient peut être pas réitérer leur effort de protection en cas de tempêtes dévastatrices. Par ailleurs, leurs défenses peuvent être considérées comme moins efficaces qu'une défense conçue de manière plus générale par des services spécialisés. Néanmoins, l'existence de protections retarde l'aléas. Le risque ne peut devenir élevé qu'à moyen terme.

Pour le havre de Surville, une petite zone de polders, inférieure d'environ 0,50m par rapport aux plus hautes mers est submersible. Le degré de risque est lié à la qualité des digues protégeant ce secteur.

La région du havre de Lessay montre une très forte extension des terrains dont l'altitude est inférieure au niveau marégraphique centennal. Ces terrains se développent au Nord du havre, vers l'Est jusqu'à Lessay et vers le Sud. Leurs altitudes en dessous des pleines mers centennales varient entre 0,5 et 2,5m environ.

Les superficies submersibles sont cartographiquement majorées dans le cas d'une vision à court terme du risque. L'existence de la Voie de Liaison Ouest, notamment, topographiquement au-dessus de la cote centennale limiterait l'extension d'une éventuelle submersion. A moyen et long terme, les portes à flot constituent le seul

point à surveiller aussi bien pour celles qui sont localisées sous la Voie de Liaison.Ouest., que celles des digues de polders, sur la commune de Créances en particulier.

L'érosion potentielle importante sur la commune de Créances, liée à un contexte hydrodynamique particulier, ne pourrait induire des submersions, même à long terme.

A Pirou, une zone topographiquement déprimée existe au NE de la station balnéaire. Les risques de submersion de cet espace sont négligeables. Plus au Sud, la relative faible largeur du cordon dunaire pourrait permettre la formation de brèches à l'échéance d'environ 50 ans. Les terrains situés en arrière des dunes peuvent être inférieurs de plus de 3m sous la cote centennale de pleine mer. L'extension de ces submersions resterait limitée du fait de la présence de la V.L.O. et de digues de polders.

Au Sud du havre de Geffosse, sur la commune d'Anneville-sur-mer, au regard de l'évolution passée du trait de côte une brèche potentielle pourrait se former juste au Nord de la cale d'accès à la mer. Le recul de la côte est ici lié à une sous-alimentation de la haute plage en sédiment à cause de la présence de la cale.

Une importante zone érodable existe au Nord de la commune de Gouville-sur-mer. Des risques de brèches existent mais à long terme (80 à 100 ans). Les terrains situés en arrière du trait de côte à Anneville, Gouville et Blainville sont inférieurs, par endroit, de 3m par rapport à une cote de pleine mer centennale. D'éventuelles submersions ne seraient réellement envisageables que par l'embouchure du havre de Geffosse. Actuellement, ce havre se colmate très rapidement. Sa continentalisation par une végétation de graminées est commencée. Les eaux marines pénètrent de moins en moins dans cet espace, réduisant progressivement du même coup les risques de submersion des terrains situés plus au Sud. Par ailleurs, la route touristique (V.L.O.) jouerait, une fois de plus, le rôle d'une véritable digue vis-à-vis d'une submersion car son altitude est supérieure à celle du niveau de pleine mer centennale. A court et moyen terme, ces terrains apparaissent beaucoup plus vulnérables à des inondations hivernales liées aux eaux pluviales.

Une zone basse, inférieure d'environ 1,5m par rapport aux cotes marégraphiques extrêmes est localisée à l'intérieur du havre de Blainville, à l'Est de l'antenne d'Agon. Ce prolongement de la V.L.O. joue le rôle d'une véritable digue. Seul l'ouvrage évacuateur des eaux pluviales doit être surveillé pour ne pas présenter de faiblesses préjudiciables aux terrains situés en retrait.

Pour le site de Coutainville, malgré une érosion possible à court terme de la flèche sud du havre de Blainville, qui entraînerait la formation d'une brèche dans le cordon dunaire, les risques de submersion de la station balnéaire sont réduits, à court et moyen terme, dans la mesure où les ouvrages évacuateurs des eaux pluviales sous l'antenne de la V.L.O. resteront en parfait état.

Sur le littoral de la commune de Montmartin-sur-mer, l'érosion historique observée est particulièrement intense, détruisant complètement le cordon dunaire. Les risques de contournement par les eaux marines de la station balnéaire de Hauteville-sur-mer sont importants à court et moyen terme. Les nouveaux ouvrages de protection contre la mer (digue-basse, épis) visent à réduire l'érosion côtière et ses risques induits. Cette action va dans le sens d'une réduction de l'intensité des aléas littoraux que pourrait subir le secteur de côte de Montmartin. Si ce dispositif s'avère efficace, la station de Hauteville ne pourrait être menacée qu'à long terme.

Une forte zone potentiellement érodable a été définie à l'entrée du havre de la Vanlée, dans la rive concave de l'estuaire et à la terminaison de la flèche sud. Cette évolution intense est directement liée à la présence de méandres divaguant à l'embouchure de la Vanlée. Sur le secteur de côte entre Hauteville et Granville, il n'y a pas de risque de formation de brèches dans le cordon dunaire à courte et moyenne échéance qui pourraient entraîner des submersions. A long terme, des brèches pourraient apparaître juste au Nord de Saint-Martin de Bréhal et au Nord de la cale de Donville. Les submersions des terrains topographiquement bas en arrière du cordon dunaire ne peuvent se faire que par l'intermédiaire du havre de la Vanlée. Le site des Salines est d'ailleurs fréquemment touché par des submersions. Plus à l'intérieur du havre, une digue empêche la mer d'envahir

des terrains situés environ 2m sous la cote de pleine mer centennale. Les risques de submersion peuvent être réduits dans le temps avec un entretien des digues qui limitent la zone inondable du havre et avec une surveillance des portes à flot qui contrôlent l'évacuation des eaux pluviales. Ces risques, sans entretien des ouvrages, peuvent être élevés à court terme.

De Granville à Carolles, deux zones érodables se distinguent:

- l'une à la flèche sableuse du Thar,
- l'autre, sur Jullouville, au Sud du lieu-dit les Sapins.

Compte tenu de l'intensité de l'érosion sur ces secteurs et des dimensions de la dune, il ne peut y avoir de submersions induites par des brèches à court et moyen terme à l'intérieur des zones basses en arrière du cordon dunaire. Des ouvrages de confortement de la dune sont, par ailleurs, prévus au lieu-dit les Sapins.

Les submersions ne pourraient être possibles que par l'embouchure du Thar. Les terrains menacés se situent environ un mètre en dessous de la cote centennale. De manière concrète, le rôle de la micro-topographie devrait largement amortir une submersion temporaire venant de l'embouchure du Thar. A court terme, le risque est très faible, pratiquement inexistant. A plus long terme, la mise en place d'obstacle mineur, bien localisé, vis-à-vis d'une éventuelle submersion pourrait réduire, voire annuler le risque.

Au Sud de Saint-Jean-le-Thomas, le trait de côte est très instable. Les risques d'érosion sont élevés, bien que très localisés. En mars 1990, une brèche au travers du cordon dunaire a permis aux eaux marines de rejoindre la route située en retrait du trait de côte. A court terme, des brèches sont prévisibles. Les terrains situés en arrière ont une altitude inférieure d'environ un mètre par rapport au niveau marégraphique centennal. Une submersion de la plaine littorale est donc envisageable, mais celle-ci serait en partie contrôlée et canalisée par le réseau de drainage existant autour de la Claire Doves. Des submersions d'origine pluviale sont, par ailleurs, fréquentes en hiver.

		Valeur estimée des pertes (millions F)	
	Submersion, <b>V</b>	Erosion, <b>V'</b>	
Vh = habitat	$6\% Vb < Vh < 9.5\% Vb$	$Vh' = Vb$	
Vc = commerces	$Vc = 6\% (Vb + CA)$	$Vc' = (Vb + CA)$	
Ve = équipements	$(6\% Vb + Vc) * 0.2 + D < Ve$ $(9.5\% Vb + Vc) * 0.2 + D > Ve$	routes : $Ve' = L * l * Cr$	
Vt = terrains	$Vt = S * VA$	$Vt' = S * Vb$	

Vb: valeur du bien (millions F),

CA: chiffre d'affaires des activités commerciales et artisanales (millions F/an),

VA: valeur ajoutée des terrains agricoles (millions F/an),

S= surface de terrain menacé (ha),

L: longueur de la route (m),

l: largeur de la route (m),

Cr: valeur indicative d'une route 135 F/m<sup>2</sup>

D: paramètre (millions F) fonction du nombre d'équipements N:

D = 0.5 pour N = 1

D = 1 pour 2 < N < 5

D = 2 pour N > 6

Tabl. 1: Eléments de calcul de la vulnérabilité côtière

En conclusion, le long des côtes du département de la Manche, les secteurs de côtes les plus menacés à brèves échéances, sont essentiellement:

- vis-à-vis du phénomène de submersion, les zones poldérisées, comme dans la baie des Veys, sur la côte du Plain et à Barneville sur la côte ouest du Cotentin, du fait de la grande fragilité des ouvrages de protection.

- vis-à-vis du phénomène d'érosion, les secteurs de côte qui subissent la divagation de chenaux à proximité d'estuaires ou de la baie du Mont-Saint-Michel, comme à Créances, Montmartin-sur-mer et Saint-Jean-le-Thomas.

A court terme, les secteurs de côte à forts risques sont donc très localisés. Tous travaux de protection contre la mer demanderont cependant un examen attentif de la valeur des biens potentiellement menacés sur une période équivalente à la durée de vie présumée de l'ouvrage de protection envisagé.

## 2) Détermination et évaluation des biens menacés

### 2.1) Les méthodes (fig.28)

#### 2.1.1) L'évaluation de la vulnérabilité actuelle

Les évaluations ont été effectuées par type de biens et d'activités. 4 classes ont été distinguées :

- les habitations,
- les commerces, les artisanats et les industries,
- les équipements d'intérêt public,
- les terrains non bâtis.

Les méthodes utilisées sont adaptées à chaque type de risque littoral. Ainsi, pour les submersions, il est tenu compte de l'effet des eaux salées d'origine marine. Une augmentation de la valeur des pertes d'environ 20% est prise en compte par rapport à une inondation d'eau douce.

Le tableau 1 résume les différentes hypothèses de calcul pour l'estimation des pertes suite à des aléas littoraux.

Les méthodes utilisées ne sont pas exhaustives puisque dans certains cas des valeurs moyennes (chiffres d'affaires, valeurs ajoutées, valeurs de constructions,...) ont été utilisées.

Ces évaluations permettent d'obtenir une vision globale du coût des destructions et dommages que pourraient causer les aléas littoraux aux biens et activités des communes côtières. Certains coûts ne pouvant être évalués, les chiffres annoncés sont probablement sous-estimés.

#### 2.1.2) L'évaluation de la vulnérabilité future

Pour évaluer le nombre d'habitations futures vulnérables, il est nécessaire de connaître les emplacements où elles devraient être construites. Les Plans d'Occupations des Sols (POS) en vigueur dans les communes littorales de la Manche ont été consultés afin d'inventorier les différentes zones menacées (urbaines et naturelles).

Pour les zones naturelles NA, le rapport de présentation du POS en indique la superficie totale d'où l'on peut déduire le nombre de constructions maximal à venir. L'évaluation est alors effectuée à partir de ces données dans chaque zone à risques.

Pour répertorier les habitations potentielles qui seraient situées dans les zones urbaines ou dans les zones d'urbanisation future, un repérage des parcelles non-bâties sur le terrain s'est imposé.

Le dernier recensement de la population de l'INSEE (1990) qui indique le nombre de logements construits entre 1982 et 1990 sur le territoire de chaque commune a été consulté pour chiffrer approximativement la quantité de maisons achevées par année dans les secteurs à risques. Pour permettre cette évaluation à différentes échéances, il est émis comme hypothèse que le nombre de logements construits chaque année sera le même pendant le siècle à venir.

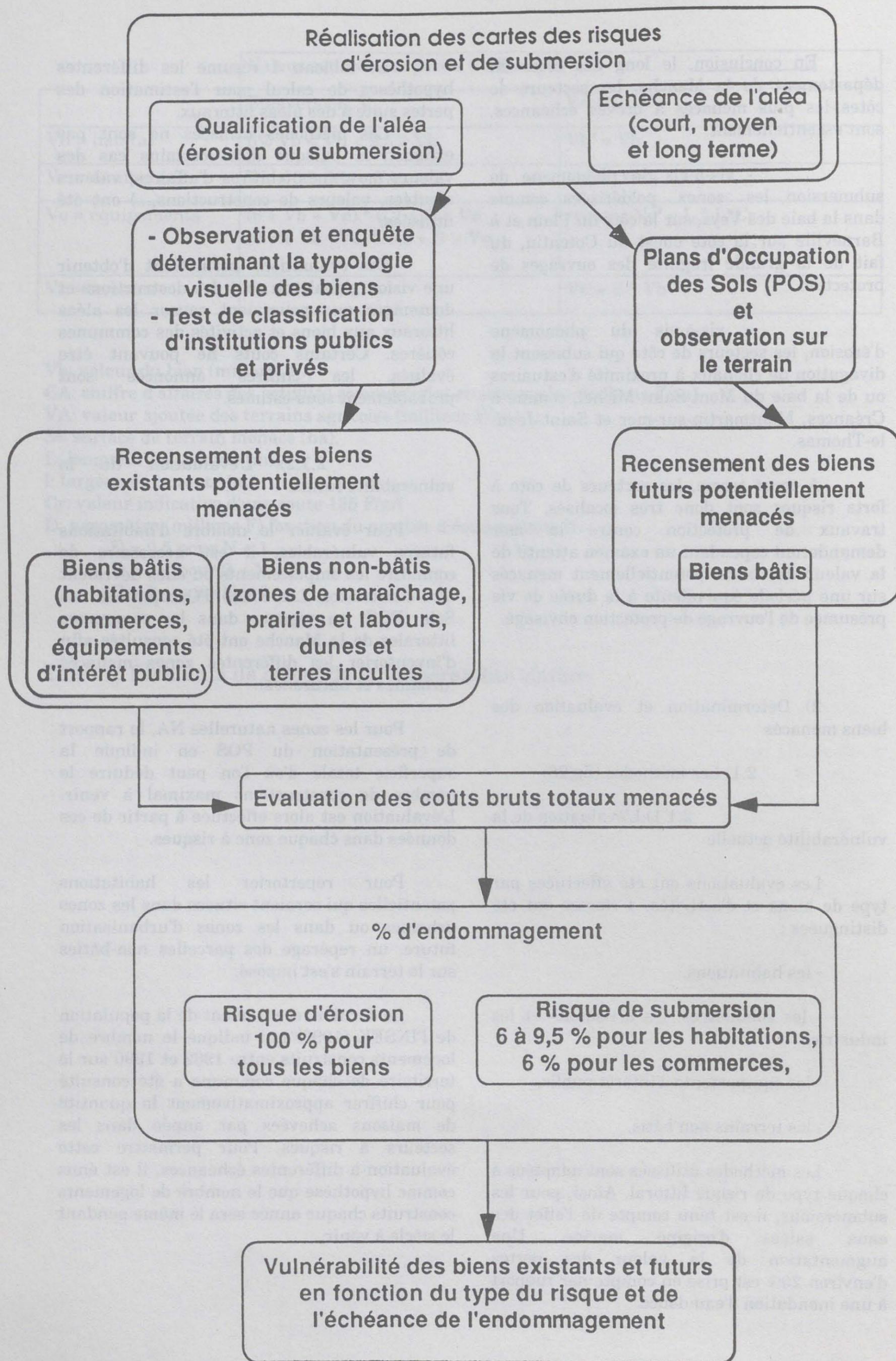


Figure 28 : Méthodologie d'étude des risques d'érosion et de submersion

2.2) la valeur des biens actuels menacés

2.2.1) L'évaluation de la valeur totale des propriétés bâties (habitations).

Dans les zones à risques, les valeurs totales menacées les plus élevées, non pondérées d'un taux d'endommagement, sont naturellement celles des propriétés bâties. Près de 1,6 milliards de francs pour l'ensemble des 3960 habitations menacées apparaît soumis à un risque d'érosion ou de submersion. Ce chiffre devrait encore être augmenté de façon sensible par la valeur des biens bâtis à utilisation économique et par celle des emprises diverses.

Les risques sont assez bien répartis en valeur totale entre les sept secteurs géographiques retenus, à l'exception de La Hague, où ils sont faibles (surtout localisés à Urville-Nacqueville), et le Coutançais-Avranchin, où ils sont forts:

- Plain : 303 millions de francs
- Val-de-Saire : 247 millions de francs
- Hague : 17 millions de francs
- Ouest-Cotentin : 269 millions de francs
- Coutançais-Nord : 241 millions de francs
- Coutançais-Avranchin : 504 millions de francs

Sur les quatre-vingt trois communes (ou ensembles communaux) menacés d'érosion ou d'inondation par la mer, dix-neuf n'ont pas d'habitations dans les zones à risques. Pour les autres, la valeur totale des habitations menacées se situe dans l'échelle suivante :

- moins de 5 millions de Francs: 23 communes,
- de 5 à 20 millions de Francs: 22 communes,
- de 20 à 50 millions de Francs: 8 communes,
- de 50 à 90 millions de Francs: 8 communes: St-Vaast-la-Hougue, Agon-Coutainville, Gouville-sur-Mer, Hauteville-sur-Mer, Bréhal, St-Marcouf, Barfleur, Quinéville).

Pour trois communes, la valeur totale des habitations dépasse 100 millions de Francs: Jullouville (129,7), St-Pair (175) et Barneville-Carteret (211,75). Néanmoins, les risques encourus par chacune de ces communes, ne le sont qu'à moyen et long terme, dans le cas, le plus souvent, d'un abandon de l'entretien des ouvrages de protection existants. A Jullouville et à Saint-Pair, la valeur totale menacée, liée à la présence en arrière du trait de côte de secteurs dont l'altitude est inférieure au niveau des plus hautes mers, ne reflète pas directement la vulnérabilité de cette zone. A Saint-Vaast-la-Hougue et à Barfleur, des levés topographiques plus précis permettraient probablement de mieux cerner la zone à risque à l'échéance de 100 ans. Il faut souligner que le site de Barfleur (quartier St Nicolas) a été submergé par plus d'un mètre d'eau en 1909 et 1978.

2.2.2) L'évaluation des biens non-bâties.

Sur le littoral de la Manche, près de 13.500 hectares sont menacés par la mer, dont 92 % par des submersions et 8 % par l'érosion. Les terrains concernés sont principalement agricoles : près de 11.500 hectares, le reste étant occupé par des emprises diverses (habitat, infrastructures, services,...) pour 1.100 hectares et par des incultes (landes, dunes, friches) pour moins de 900 hectares.

Les secteurs érodables correspondent en forte majorité à des incultes; leur valeur est donc faible mais ils représentent assez souvent un patrimoine écologique important (dunes, mares) dont l'intérêt économique est difficile à cerner, surtout lorsque ces terrains sont mis en réserve inaliénable (Conservatoire du Littoral).

Les zones d'intérêt agricole à risque sont constituées surtout d'herbages, parfois de labours (cultures fourragères). Elles correspondent presque toujours à des secteurs à risque de submersion.

Les terrains occupés par les cultures légumières sont principalement des secteurs à risque de submersion. A signaler, toutefois, le risque d'érosion de champs maraîchers à Créances.

Communes	EROSION Total des pertes	SUBMERSION		TOTAL	
		fourchette de valeur des pertes		Fourchette de valeur des pertes	
<b>OUEST-COTENTIN</b>					
Heauville	0.063			0.063	0.063
Siouville	2.195			2.195	2.195
Les Pieux	1.488			1.488	1.488
Le-Rozel	1.405	0.176	0.176	1.581	1.581
Surtainville	0.422	1.763	2.220	2.185	2.642
Beaubigny	0.105			0.105	0.105
Les-Moitiers-d'Alonne	0.175			0.175	0.175
Barneville-Carteret	12.916	16.739	24.992	29.655	37.908
St-Jean-de-la-Rivière	0.203	3.792	4.525	3.995	4.727
St-Georges-de-la-Rivière		2.062	2.132	2.062	2.132
Portbail	0.084	3.271	3.964	3.355	4.048
St-Lô-d'Ourville	0.513			0.513	0.513
<b>COUTANCAIS ( NORD)</b>					
Denneville	31.538			31.538	31.538
St-Rémy-des-Landes	0.048	0.558	0.558	0.606	0.606
Surville	0.014	0.177	0.177	0.191	0.191
Glatigny	0.014	0.177	0.177	0.191	0.191
Bretteville-sur-Ay	2.177	0.638	0.666	2.815	2.843
St-Germain-sur-Ay	2.385	1.520	1.939	3.905	4.324
Lessay	0.000	2.305	2.315	2.305	2.315
Créances	8.701	11.165	11.745	19.866	20.446
Pirou	0.273	2.907	2.950	3.180	3.223
Geffosses	0.021	1.062	1.237	1.083	1.258
Anneville-sur-Mer	3.232	6.130	7.168	9.362	10.400
Gouville-sur-Mer	2.738	10.279	12.790	13.017	15.528
Blainville-sur-Mer	0.035	3.200	3.793	3.235	3.828
Agon-Coutainville	0.035	7.456	9.909	7.491	9.944
Tourville-sur-Sienne		0.321	0.387	0.321	0.387
<b>COUTANCAIS-AVRANCHIN</b>					
Renéville-sur-Mer		2.140	2.891	2.140	2.891
Montmartin-sur-Mer	2.737	3.094	3.556	5.831	6.293
Hauteville-sur-Mer	0.007	4.973	7.098	4.980	7.105
Annoville	0.112	0.523	0.553	0.635	0.665
Lingreville	2.076			2.076	2.076
Bricqueville-sur-Mer	0.159	1.375	1.945	1.534	2.104
Bréhal		6.735	8.890	6.735	8.890
Coudeville		0.295	0.295	0.295	0.295
Bréville-sur-Mer	0.076	4.376	5.905	4.452	5.981
Donville-les-Bains		1.111	1.144	1.111	1.144
St-Pair-sur-Mer	0.007	14.876	22.226	14.883	22.233
Jullouville	2.565	10.919	16.258	13.484	18.823
St-Jean-le-Thomas	2.113	0.366	0.500	2.479	2.613
Dragey-Ronthon	0.855	0.531	0.531	1.386	1.386
Genêts		0.878	1.046	0.878	1.046
<b>TOTAL</b>	<b>159.052</b>	<b>224.593</b>	<b>282.740</b>	<b>383.645</b>	<b>441.792</b>

Tableau 1 : TOTAL : EROSION ET SUBMERSION (les valeurs sont en millions F)

COMMUNES	EROSION Total des pertes	SUBMERSION		TOTAL	
		fourchette de valeur des pertes		Fourchette de valeur des pertes	
<b>PLAIN</b>					
Les Veys		5.752	6.000	5.752	6.000
Brévands		7.652	8.227	7.652	8.227
Brucheville		5.624	5.934	5.624	5.934
Ste-Marie-du-Mont	9.116	11.331	12.668	20.447	21.784
Audouville-la-Hubert	0.004	1.799	1.885	1.803	1.889
St-Martin-de-Varreville	0.070	3.043	3.407	3.113	3.477
St-Germain-de-Varreville	0.979	2.376	2.695	3.355	3.674
Foucarville		2.035	2.464	2.035	2.464
Ravenoville		6.080	7.454	6.080	7.454
St-Marcouf-les-Gougins		9.905	12.804	9.905	12.804
Fontenay-sur-Mer		1.798	2.011	1.798	2.011
Quinéville-Lestre	0.084	8.975	12.511	9.059	12.595
<b>VAL-DE-SAIRE</b>					
Aumeville-Lestre	2.149	0.236	0.236	2.385	2.385
Crasville	0.492	0.030	0.030	0.522	0.522
Morsalines					
Quettehou		0.234	0.304	0.234	0.304
St-Vaast-Sud		1.049	1.513	1.049	1.513
St-Vaast-Nord		9.295	11.339	9.295	11.339
Réville	11.938	3.788	5.117	15.726	17.055
Montfarville	2.823	0.030	0.030	2.853	2.853
Barfleur	0.470	7.177	10.228	7.647	10.698
Gatteville-Phare	0.069	2.321	2.611	2.390	2.680
Gouberville-Néville	0.147	2.433	2.649	2.580	2.796
Réthoville-Cosqueville	1.340	3.567	3.788	4.907	5.128
Fermanville-Maupertus	13.875			13.875	13.875
Bretteville-Digosville	11.691			11.691	11.691
Le Becquet (Tourlaville)	1.174			1.174	1.174
<b>HAGUE</b>					
Urville-Nacqueville	14.190			14.190	14.190
Gréville-Hague	0.133			0.133	0.133
Eculleville	0.052			0.052	0.052
Omonville-la-Rogue	0.730			0.730	0.730
Digulleville	0.121			0.121	0.121
Omonville-la-Petite	0.060			0.060	0.060
St-Germain-des-Vaux	0.154			0.154	0.154
Auderville	4.098	0.106	0.106	4.204	4.204
Jobourg	0.024			0.024	0.024
Herqueville	0.056			0.056	0.056
Beaumont	0.035			0.035	0.035
Vauville	1.346	0.071	0.071	1.417	1.417
Biville	0.077			0.077	0.077
Vasteville	0.070			0.070	0.070

Figure 29

Au total, les biens non bâtis menacés représentent une valeur de moins de 200 millions de Francs avec en majorité des prairies et labours (60 %) et pour un tiers des terrains maraîchers. Le plus vaste ensemble inondable est situé dans le secteur du Plain, de la Baie des Veys et à Quinéville. Il couvre plus de 7.000 hectares et se prolonge vers l'intérieur des terres par les marais de Carentan qui sont soumis à des inondations fluviales.

### 2.3) L'évaluation des dommages aux biens actuels et l'échéance de la vulnérabilité

#### 2.3.1) Approche globale des résultats

Les risques littoraux à l'échéance de 100 ans le long des 330 kilomètres de côtes du département de la Manche occasionneraient des dommages dont la valeur serait comprise entre 384 et 442 millions de francs (fig.29).

L'estimation des pertes qui seraient causées par l'érosion d'ici 2090 est actuellement d'environ 160 millions F en tenant compte d'un recul régulier de la ligne de rivage, basé sur son évolution passée.

La valeur des dommages qui seraient causés par une submersion d'importance centennale est d'un ordre de grandeur légèrement supérieure à celle qu'occasionnerait l'érosion sur 100 ans. Elle est comprise entre 224 et 233 millions F.

Ces valeurs peuvent paraître faibles compte tenu des surfaces potentiellement submersibles. Cependant, beaucoup plus de maisons sont menacées de submersion que d'érosion. Environ 3620 habitations risquent d'être inondées, ce qui équivaut à une perte de 87 à 138 millions F. Environ 350 maisons sont exposées au risque d'érosion dont la perte est estimée à 135 millions F. Les pourcentages d'endommagement contrastés pour chacun des aléas pris en considération expliquent ces résultats.

#### 2.3.2) Approche par régions

Le classement des régions par importance du coût des dommages, tout phénomène confondu, est le suivant:

- COUTANCAIS (NORD): 99 à 107 millions de francs,
- PLAIN: 76,623 à 88 millions de francs,
- VAL DE SAIRE: 76 à 84 millions de francs,
- COUTANCAIS(SUD)-AVRANCHIN: 62 à 83 millions de francs,
- OUEST-COTENTIN: 47 à 57 millions de francs,
- LA HAGUE: 21 millions de francs

Le secteur de la Hague est principalement menacé par la progression de l'érosion. Les pertes seraient à ce titre de 22,5 millions F auxquels s'ajoutent 0.2 millions F pour les submersions. L'étude de cette zone par commune montre qu'Urville-Nacqueville est très sensible avec 14 millions F de préjudices possibles.

Les secteurs de Plain et du Coutançais-Avranchin sont plus particulièrement exposés au risque de submersion. Respectivement, le coût des pertes est compris entre environ 66 et 78 millions de francs pour les submersions, contre environ 10 millions pour l'érosion et entre 52 et 73 millions de francs contre 11 millions pour l'érosion.

Pour les autres secteurs, le coût des dommages lié à l'érosion et aux submersions est sensiblement égal:

- VAL DE SAIRE: 46 millions de F de dommages liés à l'érosion et 30 à 38 M.F. dus aux submersions,
- OUEST-COTENTIN: 19,5 millions pour l'érosion contre 28 à 39 millions pour les submersions ,
- COUTANCAIS (NORD): 51 millions pour l'érosion et 48 à 59 millions pour les submersions.

Tabl. 2: Synthèse des zones à risque d'érosion et de submersion le long des côtes de la Manche

communes ou secteurs de côte	échéance de forte vulnérabilité	fourchette de valeurs totales menacées	observations
Côtes de la baie des Veys (Les Veys, Brévands, Brucheville)	court terme	19 à 20,16 MF par des submersions	possibilité de ruptures de digues de polders ou faiblesse des ouvrages évacuateurs
de Saint-Marie-du-Mont à Quinéville-Lestre	moyen et long terme	10,25 MF par érosion (St-Marie) et 47,34 à 57,90 MF par submersion	ouvrages longitudinaux anciens à entretenir et évolution des dunes à suivre
de Aumeville à Quettehou	moyen et long terme	0,5 à 0,57 MF et 2,64 MF par érosion	présence d'ouvrages anciens à surveiller
de St-Vaast à Barfleur	moyen et long terme	15,23 MF par érosion (Réville) 21,34 à 28,23 MF par submersion	existence d'ouvrages de protection privés topographie de St-Vaast et Barfleur incertaine
de Gatteville à Tourlaville (Le Becquet)	progressif pour l'érosion moyen et long terme pour les submersions	28,3 MF par érosion (Fermanville à Digosville) 8,32 à 9,05 MF par submersion	existence de défenses privées contre la mer
Urville-Nacqueville	progressif	14,19 MF par érosion	
de Gréville à St-Germain des Vaux	progressif	1,25 MF par érosion	falaises de heads et loess évoluant par glissements
de Auderville à Vasteville	progressif pour l'érosion et court à moyen terme pour les submersions	5,70 MF par érosion (Auderville et Vauville) et 0,177 par submersion	
Heauville Siouville	progressif	2,26 MF par érosion	existence d'un centre de thalasso non protégé
des Pieux aux Moitiers d'Alonne	progressif pour l'érosion long terme pour les submersions	3,6 MF par érosion et 1,94 à 2,4 MF par submersion (Surtainville)	surveillance de l'ouvrage évacuateur de Surtainville
Barneville-Carteret	court terme	12,92 MF par érosion et 16,74 à 25 MF par submersion	secteur de côte fortement urbanisé non protégé et digues de polders vulnérables
St-Jean et St-Georges-de-la-Rivière	long terme	6,06 à 6,86 MF dont 0,2 MF par érosion	peu probable à l'échelle du siècle
Portbail	court à moyen terme	3,355 à 4,05 MF dont 0,084 par érosion	digues de polders dans le havre vulnérables
de Saint-Lô d'Ourville à Glatigny	moyen à long terme	32,13 MF par érosion (Denneville) et 0,91 MF par submersion	défenses contre la mer privées à Denneville assurant une protection à court terme
Bretteville-sur-Ay	moyen et long terme	2,18 MF par érosion et 0,66 MF par submersion	défenses privées assurant une protection à court terme

St-Germain-sur-Ay	court terme pour l'érosion et long terme pour les submersions	2,385 MF par érosion et 1,52 à 1,94 MF par submersion	surveillance des ouvrages évacuateurs dans le havre
Lessay et Créances	court à moyen terme	8,7 MF par érosion et 13,47 à 14,06 MF par submersion	suivi de l'évolution rapide de la côte, surveillance des digues de polders dans le havre
Pirou	moyen terme	3,18 à 3,23 MF dont 0,273 par érosion	surveillance de la côte au Sud de la station
Geffosse et Anneville-sur-mer	moyen et long terme	3,25 MF par érosion et 7,19 à 8,4 MF par submersion	évolution du cordon dunaire à surveiller
Gouville-sur-mer	court à moyen terme pour l'érosion et long terme pour les submersions	2,74 MF par érosion et 10,28 à 12,8 MF par submersion	risque fonction de l'évolution du trait de côte d'Anneville
Blainville-sur-mer	long terme	3,2 à 3,8 MF par submersion	peu probable à l'échelle du siècle
Agon-Coutainville	court terme pour l'érosion sur la flèche sud du havre de Blainville et moyen à long terme pour les submersions	7,491 à 9,94 MF dont 0,035 par érosion, mais activités aquacoles menacées non chiffrées	risques de rupture de la racine de la flèche sud du havre de Blainville Surveillance des ouvrages évacuateurs dans le havre
de Regnéville à Annville-sur-mer	court à moyen terme (long terme si efficacité des récents ouvrages de protection)	2,86 MF par érosion et 10,73 à 14,1 MF par submersion	nouveaux ouvrages de protection dont l'efficacité sur la stabilisation du trait de côte est bonne, mais limitée
Lingreville	progressif	2,07 MF par érosion	évolution régressive de la rive nord du havre de la Vanlée
de Bricqueville à Donville	long terme sauf aux Salines	14,13 à 18,41 MF dont 0,235 MF par érosion	le site des Salines est régulièrement submergé tous les 5 à 10 ans
de Saint-Pair à Carolles	court terme pour l'érosion à Jullouville et long terme pour les submersions	2,57 MF par érosion et 25,79 à 38,48 MF par submersion	existence de défenses publiques sauf sur quelques secteurs de Jullouville submersions peu probables à l'échelle du siècle
de St-Jean-le-Thomas à Genêts	court terme	2,97 MF par érosion et 1,77 à 2,077 par submersion	surveillance de ce secteur de côte très évolutif, risque de brèches

### 2.3.3) Les pertes causées par l'érosion par type de biens et d'activités

L'habitat est la catégorie de biens et d'activités la plus menacée par l'érosion avec 135 millions de F de pertes prévisibles sur 160 millions.

Le coût de la perte de terrains est évalué à environ 12 millions F, ce qui représente une valeur de préjudices relativement faible, sauf pour les zones de cultures maraîchères.

Une majorité des terrains érodables sont des dunes (680 ha sur les 920 ha potentiellement érodables d'ici 2090). Leur valeur à l'hectare, relativement faible (0,007 millions de F) occasionne de faibles pertes économiques. Cependant, il faut retenir que ces surfaces ont souvent un intérêt écologique et touristique qui est difficile à chiffrer.

La destruction des routes ne touche que quelques communes. Elle représente une perte d'environ 10 millions F pour le département. Ce sont essentiellement les routes communales qui longent le littoral qui ont été recensées. Les autres, perpendiculaires à la côte, n'offrent que quelques mètres à l'action de l'érosion. De ce fait, elles n'ont pas été prises en considération compte tenu de la faible valeur menacée. Par ailleurs, ces routes se terminent fréquemment par des cales d'accès à la mer assez peu vulnérables à l'érosion.

Les commerces non protégés en bordure de côte, exposés à l'action de l'érosion, sont peu nombreux. Trois ont été dénombrés et leur destruction équivaldrait à une perte d'environ 3,2 millions de F en tenant compte d'un chiffre d'affaires moyen. Plusieurs entreprises conchylicoles sont par contre menacées à Pirou, Blainville-sur-mer et Agon-Coutainville.

### 2.3.4) Les pertes occasionnées par les submersions par type de biens et d'activités

La valeur des dommages qui seraient causés aux habitations par des submersions est importante. Elle serait comprise entre 87 et 138 millions de F sur un total des pertes par submersion compris entre 224,5 et 283.

L'habitat des communes de Barneville-Carteret, Saint-Pair, Jullouville pourrait subir des pertes par submersion à hauteur de plus de 10 millions de francs. Viennent ensuite, par l'ampleur des dommages, les communes de Quinéville-Lestres, Barfleur, Saint-Marcouf, Saint-Vaast...

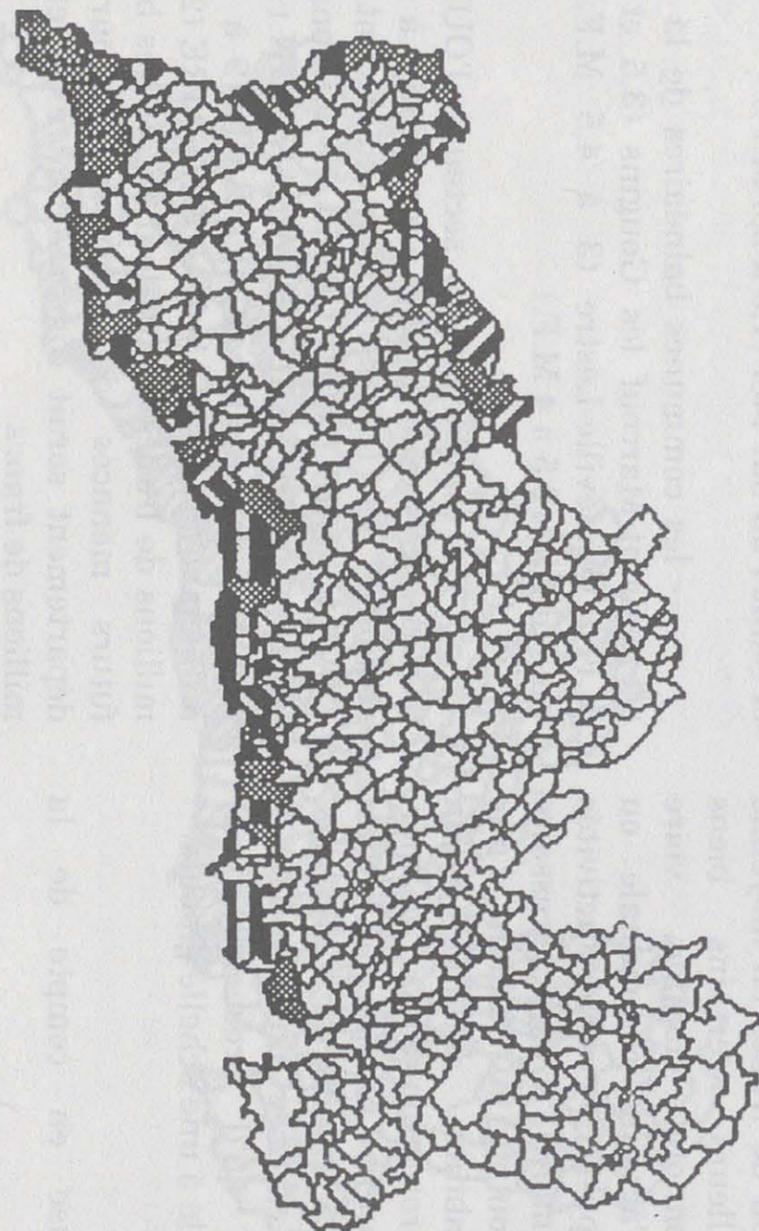
La valeur des pertes d'exploitation de terrain agricole est d'environ 100 millions F. Les communes où il y a le plus de terrains inondables sont Créances (315 ha et 10 millions de F de pertes), St Vaast-Nord (125 ha et 4 millions F), Gouville-sur-Mer (120 ha et 3.8 millions F), Anneville-sur-Mer (116 ha et 3.7 millions F) et les communes du secteur du Plain.

La présence de commerces et d'équipements contribue à augmenter le coût des préjudices liés aux submersions pour les zones urbaines de 36 à 43,5 millions de F pour le département. Cette valeur serait plus élevée si les dégâts susceptibles d'être causés à l'ensemble des entreprises et des industries pouvaient être évalués, notamment en ce qui concerne les effets indirectes.

En conclusion, les évaluations proposées permettent aussi de juger de l'opportunité des travaux d'entretien des ouvrages existants et de l'ordre de priorité à attribuer à ces opérations dans le futur. Cependant, il apparaît que de nombreux sites dont la valeur menacée est importante à l'échelle centennale, ne sont quasiment pas vulnérables à court terme. La plupart des communes analysées dont la valeur des biens menacés dépasse 5 millions de francs ne seront réellement vulnérables qu'à moyen terme. Il convient donc de préciser l'échéance de la vulnérabilité des zones côtières du département de la Manche.

### 2.3.5) L'échéance de la vulnérabilité

Le tableau 2 synthétise les principaux résultats obtenus dans les phases d'études antérieures (en francs actuels). Ainsi, la deuxième colonne rappelle l'échéance de la vulnérabilité maximale à laquelle peut être soumis le site ou le secteur de côte considéré. Le court terme s'étend sur une période comprise entre aujourd'hui et une dizaine



Etude communale réalisée en 1992  
 sur les risques d'érosion et de submersion  
 dans les communes littorales de la Manche

-  ZONES ND, NC et NB
-  ZONES NA et ND, NC, NB
-  ZONES UA, UB, UC et ND, NC, NB
-  ZONES UA, UB, UC, NA et ND, NC, ND

**TYPOLOGIE DES ZONES NATURELLES  
 ET URBAINES MENACEES (1992 - 2092)**



d'années, le moyen terme, dans 40 à 60 ans et le long terme dans 80 à 100 ans.

Dans certains cas, où seule l'érosion constitue un risque sur tout un secteur de côte, il a été fait mention uniquement de la progressivité régulière du phénomène, telle qu'elle a été posée comme hypothèse préalable. Dans ces cas, il est nécessaire de revenir aux taux d'érosion prévisionnels pour évaluer la valeur moyenne des biens menacés.

Ces résultats peuvent se traduire d'une manière globale pour l'ensemble de la côte du département de la Manche en fonction l'échéance de vulnérabilité des biens:

- 58 à 68 millions de francs de biens sont menacés à court terme, c'est-à-dire au cours des dix prochaines années;

- 42 à 46 millions de francs supplémentaires de biens sont menacés sur les 50 à 60 prochaines années;

- 226 à 269 millions de francs de biens sont menacés entre le milieu du siècle prochain et 2090,

A cela, il convient d'ajouter environ 58 millions de francs de biens qui seront progressivement détruits par l'érosion au cours des 100 prochaines années, soit un peu plus d'un demi-million de francs en moyenne par an. Par ailleurs, certains biens d'importance économique notable, voire primordiale pour l'activité communale ou cantonale n'ont pas pu être évalués (activités d'aquaculture notamment). Il sera nécessaire de les prendre en compte au moment d'une analyse de rentabilité détaillée d'un investissement de protection contre la mer. Par ailleurs, la valeur du patrimoine littoral naturel des côtes de la Manche est indéniable. Elle pourrait être chiffrée par rapport à l'attrait touristique qu'il procure, valeur difficilement estimable à une échelle globale.

2.4) La prise en compte de la vulnérabilité future

2.4.1) Les zones de construction futures

Beaucoup de parcelles situées dans les zones menacées ne sont pas encore construites. Les futures habitations n'ont donc

pas été comptabilisées dans l'évaluation des biens existants. Pour répertorier ces futures constructions, un repérage sur le terrain a été nécessaire. Ce comptage a été approximatif du fait de l'impossibilité de connaître avec certitude le nombre des futurs biens bâtis. Pour évaluer la perte des constructions vulnérables dans l'avenir, les mêmes bases que pour l'estimation des biens actuels ont été retenues.

\* Localisation des zones urbaines futures (fig.30)

Les secteurs à risques incluant des zones urbaines sont situés en majorité sur la côte ouest du département de la Manche (de Surtainville à Jullouville) ainsi que dans la région du PLAIN.

\* Evaluation des pertes dans les zones de submersion

Sans tenir compte de l'échéance de l'aléas, les communes où la vulnérabilité potentielle liée à une submersion est la plus importante dans les zones urbaines sont :

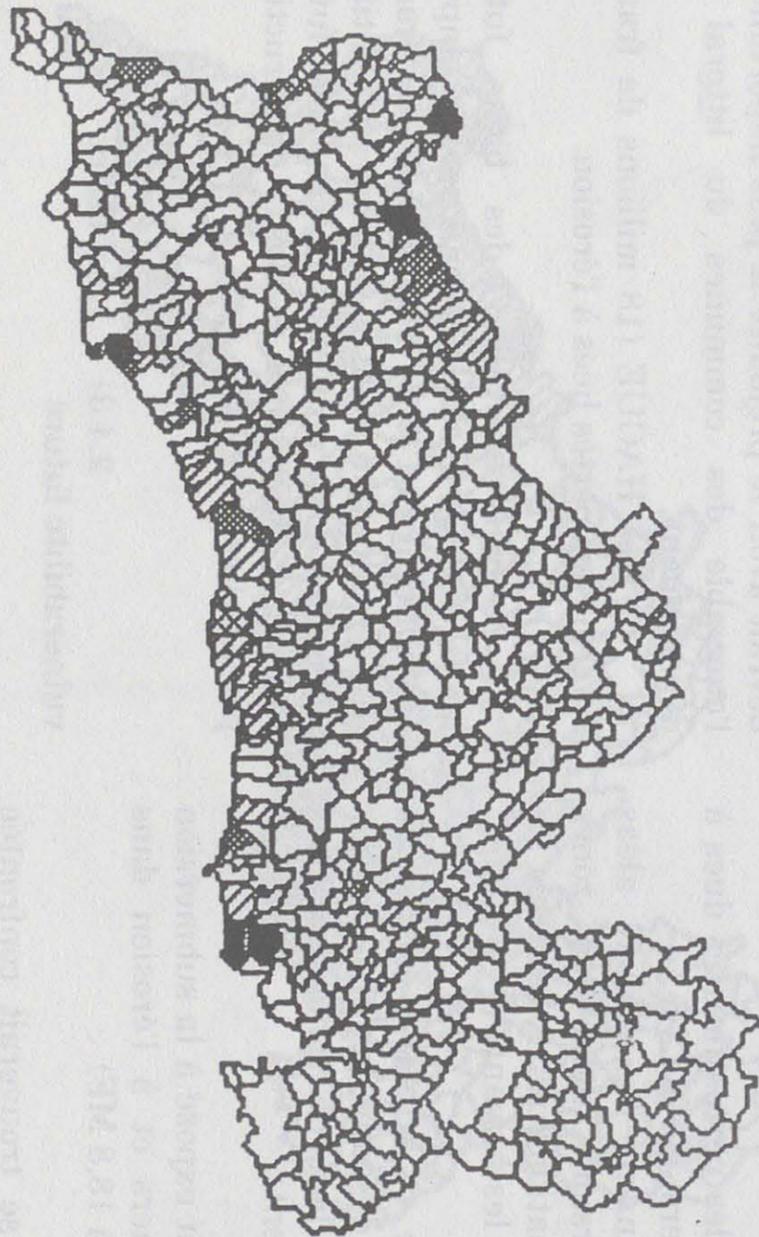
- les communes balnéaires de la côte ouest : Barneville-Carteret (7,5 à 12 millions de francs), Saint-Jean de la Rivière (4,5 M.F.), Jullouville (3,5 à 5,5 M.F.), Gouville sur Mer (3,5 à 5,5 M.F.), Bréville sur Mer (2 à 3 M.F.) et Saint-Pair sur Mer (1,5 à 2,5 M.F.)

- les communes balnéaires de la côte est : Saint-Marcouf les Gougins (3,5 et 5,5 M.F.), Quinéville-Lestre (3 à 4,5 M.F.) et Ravenoville (2,5 à 4 M.F.)

En comparant les secteurs, l'OUEST COTENTIN serait le plus exposé (13,5 à 21,5 millions de francs), puis suivraient le COUTANCAIS NORD (10,7 à 17 millions de francs), le COUTANCAIS-AVRANCHIN (10 à 16,5 Millions de francs), le PLAIN (9 à 14,5 millions de francs) et le VAL DE SAIRE (2 à 3 millions de francs). La valeur totale des biens futurs menacés de submersion pour le département serait comprise entre 47 et 72 millions de francs.

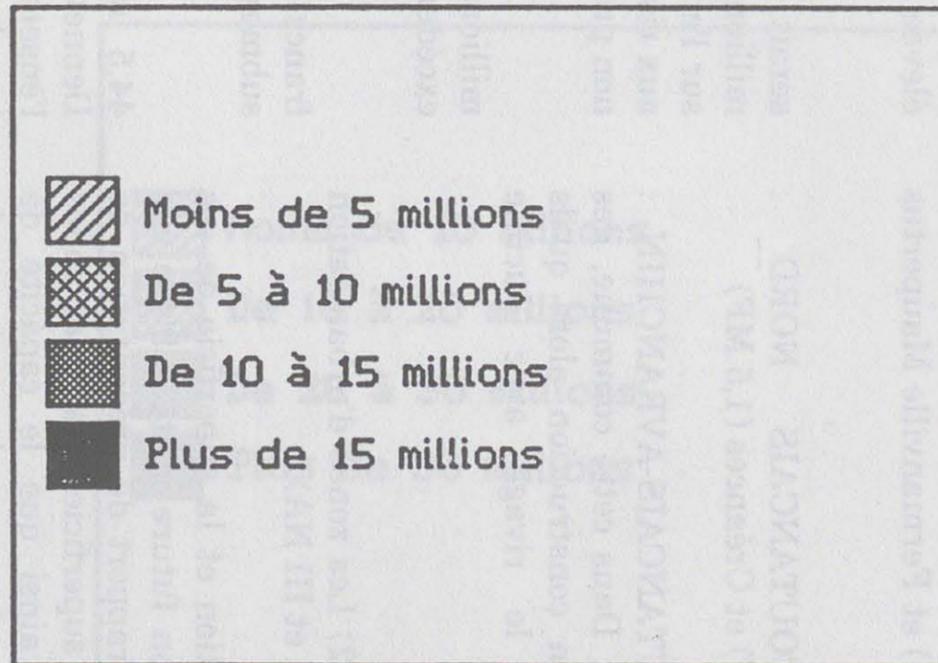
\* Evaluation des pertes dans les zones d'érosion

La vulnérabilité liée à l'érosion dans ces zones urbaines pour l'ensemble du



Etude communale réalisée en 1992  
 sur les risques d'érosion et de submersion  
 dans les communes littorales de la Manche

**PERTES POTENTIELLES  
 DANS LES ZONES D'ÉROSION ET  
 DE SUBMERSION (EN FRANCS)**



**LES BIENS FUTURS POTENTIELLEMENT**

**MENACES DANS LES 100 ANS**



département s'élèverait à 56 millions de francs. Les futures maisons prévues alors que le risque existe seraient principalement localisées dans les communes :

- du VAL DE SAIRE : Réville (16 M.F. de dommages envisageables), Bretteville-Digosville (10 M.F.) et Fermanville Maupertus (8 MF)

- du COUTANCAIS NORD : Denneville (7,5 MF) et Créances (1,5 MF)

- du COUTANCAIS-AVRANCHIN : Jullouville (9 MF). Dans cette commune, des immeubles sont en construction alors qu'ils sont situés sur le rivage avec aucune protection.

#### 2.4.2) Les zones d'urbanisation future (I NA, II NA et III NA)

La localisation et la superficie de ces zones d'urbanisation future a été relevée sur les POS. Dans le rapport de présentation de ces documents, la superficie totale des zones NA est indiquée ainsi que la capacité de logements prévue. Lorsque le rapport de présentation ne précise pas la capacité de logements, la densité prise en compte est de quinze habitations à l'hectare en zone I NA et II NA et dix bâtiments industriels ou artisanaux à l'hectare dans les zones III NA.

\* Coût total des pertes futures dues à l'érosion et aux submersions (fig.31)

En additionnant les deux aléas (érosion et submersion) dans les zones urbaines et d'urbanisation future, les sites les plus vulnérables sont les suivants :

- Barneville Carteret serait la commune qui risque de subir les plus lourdes pertes (13,5 à 21,7 millions de francs dus à une submersion uniquement);

- Réville serait exposé à la submersion dans certains quartiers et à l'érosion dans d'autres zones ( 17,7 à 18,8 MF)

- Jullouville se trouverait confrontée au même problème que Réville (14,6 à 18 MF)

- arriveraient ensuite Quinéville Lestre (6,5 à 15,7 MF), Urville Nacqueville (14,8 MF) Saint-Marcouf les Gougins (6,8 à 14,7 MF) Ravenoville (5,3 à 13,1 MF) Créances

(12,5 à 12,9 MF) Bréville sur Mer (7,3 à 12,3 MF), Breteville Digosville (9,8 MF) Fermanville Maupertus (9,7 MF)..

Pour conclure, un classement des pertes futures par secteur indique les zones où la vulnérabilité potentielle serait la plus élevée :

- le COUTANCAIS AVRANCHIN serait le secteur le plus exposé (34 à 52 millions de francs) aux risques de submersion sur l'ensemble de son littoral, mais également aux risques d'érosion à Jullouville (immeubles non protégés);

- dans le VAL DE SAIRE (42 à 50 millions de francs), les pertes liées à l'érosion excéderaient celles liées à la submersion;

- dans le PLAIN (22 à 50 millions de francs), tous les dommages seraient dus à la submersion;

- dans le COUTANCAIS NORD (34,5 à 44,5 millions de francs), à l'exception de Denneville et d'une partie de Créances, l'ensemble des biens seraient menacés par les inondations marines;

- l'OUEST COTENTIN (16 à 31 millions de francs), qui serait exposé au seul risque de submersion, n'arrive qu'au cinquième rang. Pourtant, Barneville-Carteret devrait avoir le préjudice le plus important de l'ensemble des communes du littoral du département;

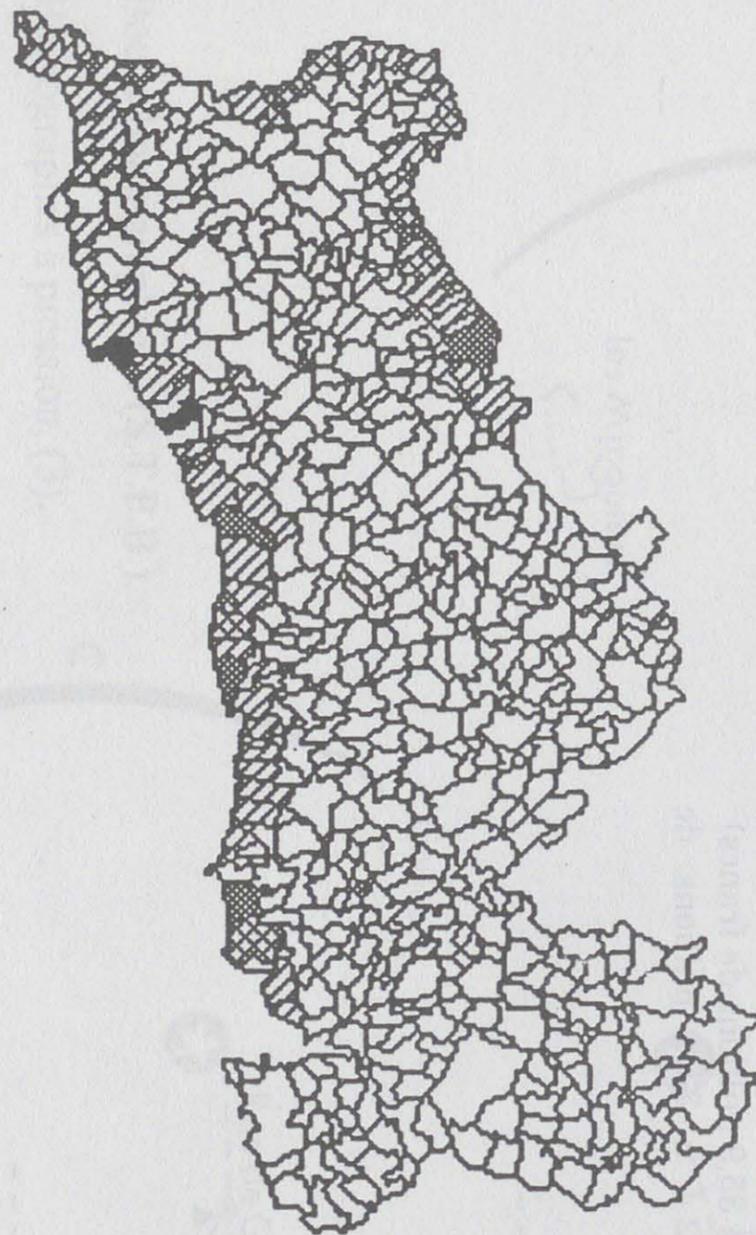
- LA HAGUE (18 millions de francs) subirait des pertes liées à l'érosion.

Ainsi, la valeur des biens futurs menacés dans le siècle à venir serait comprise environ entre 170 et 245 millions de francs. Cette évaluation montre qu'il est impératif de se soucier de la protection de ces biens futurs suivant l'échéance des destructions potentielles .

#### 2.4.3) L'échéance de la vulnérabilité future

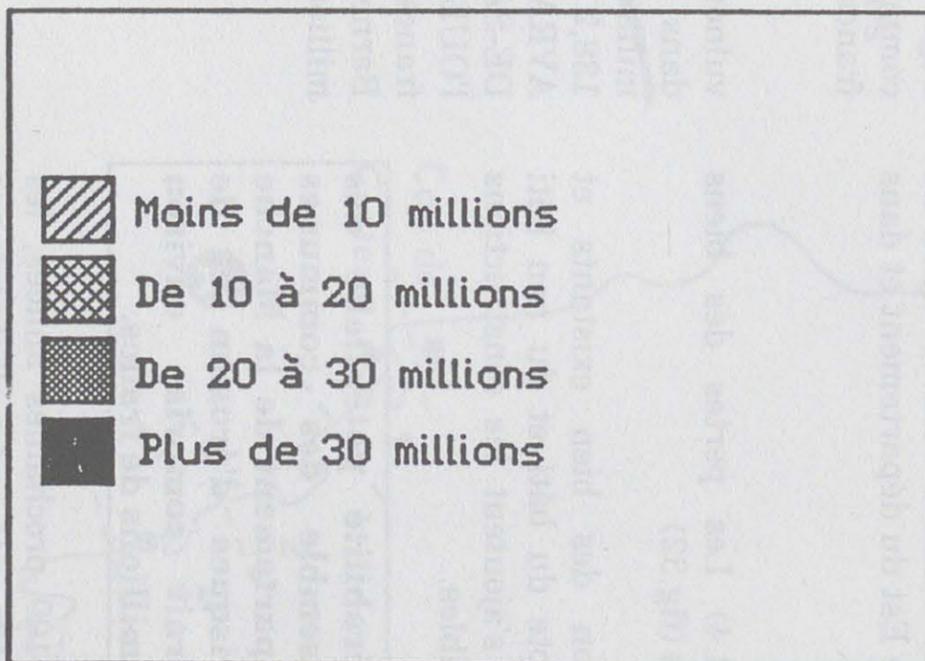
Le total des pertes à court terme serait compris entre 14 et 17 millions de francs.

A moyen terme, les dommages seraient compris entre 59,5 et 91,6 millions de francs.



Etude communale réalisée en 1992  
sur les risques d'érosion et de submersion  
dans les communes littorales de la Manche

**PERTES POTENTIELLES DANS  
LES ZONES D'ÉROSION ET DE SUBMERSION  
(EN FRANCS)**



**LES BIENS EXISTANTS ET FUTURS**

**POTENTIELLEMENT VULNERABLES**

**DANS LES 100 ANS**



Les pertes les plus importantes seraient enregistrées à la fin du siècle prochain. Elles seraient comprises entre 96,6 et 134,7 millions de francs. Les principaux préjudices seraient localisés dans la région du PLAIN sur la côte Est du département et dans le VAL de SAIRE.

2.4.4) Les pertes des biens existants et futurs (fig.32)

L'évaluation des biens existants et futurs tient compte du bâti et du non bâti actuels auxquels s'ajoutent les constructions ultérieures prévisibles.

**La vulnérabilité potentielle des biens de l'ensemble des communes littorales du département de la Manche exposés aux risques d'érosion et de submersion serait comprise environ entre 567 et 700 millions de francs.**

Dans les 100 prochaines années, les communes menacées, par ordre d'importance des coûts, sont principalement :

- Barneville-Carteret (43,2 à 59,6 millions de francs de biens menacés);
- Denneville (39,2 millions de francs)
- Jullouville (28,1 à 36,8 millions de francs)
- Réville (33,4 à 35,9 millions de francs)
- Créances (32,4 à 33,4 millions de francs)

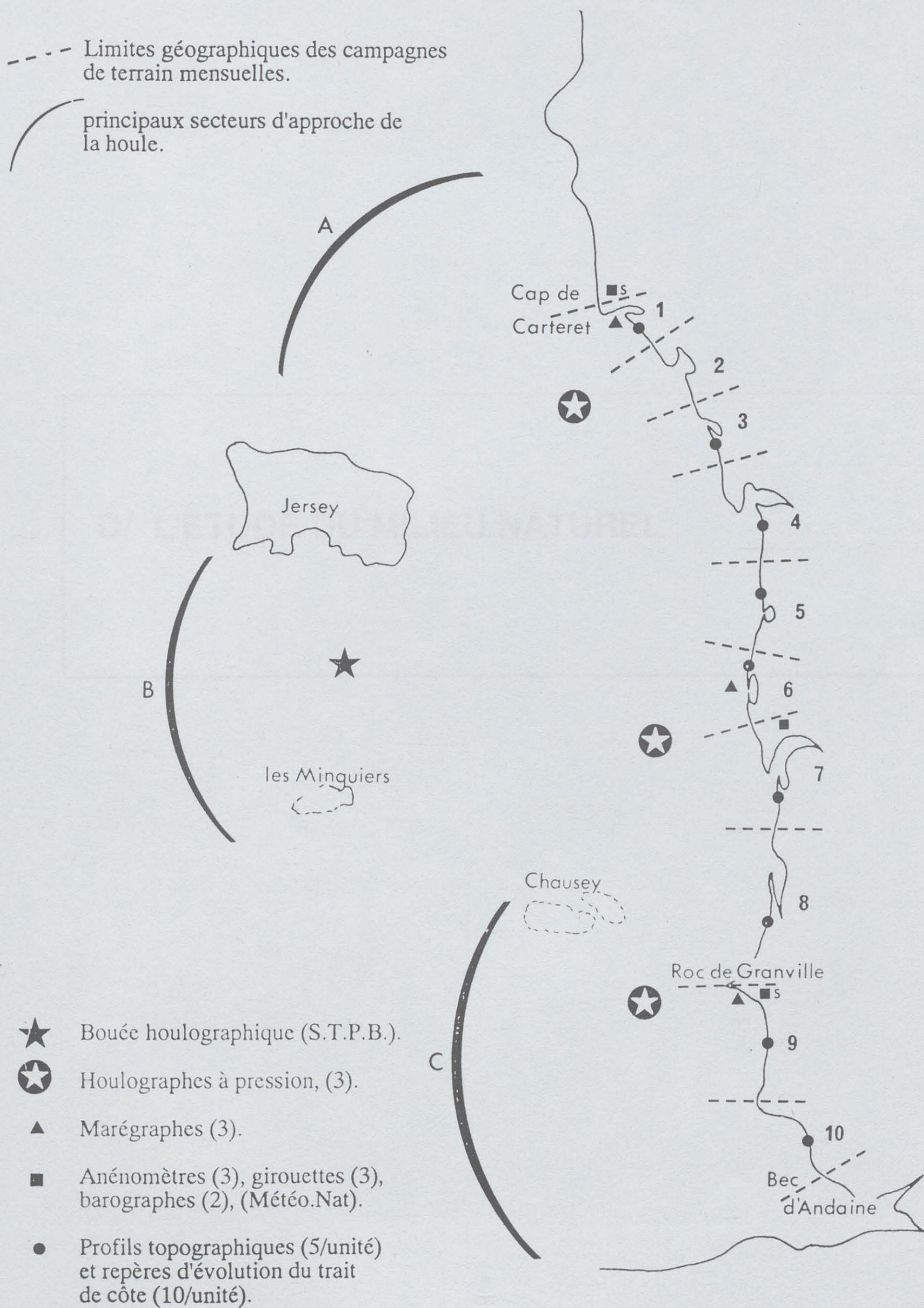
-Urville-Nacqueville, Quinéville-Lestre, Saint-Marcouf-les-Gougins, Saint-Pair sur Mer, Sainte-Marie-du-Mont, Fermanville-Maupertus, Gouville-sur-Mer, Bretteville-Digosville et Agon-Coutainville (toutes ces communes auraient plus de 20 millions de francs de dommages prévisibles).

Les secteurs de côtes où la vulnérabilité serait la plus forte sont situés dans le COUTANCAIS NORD (146,3 à 164 millions de francs) puis dans le PLAIN (99 à 138,2 millions de francs), le COUTANCAIS AVRANCHIN (97,2 à 135,8 millions), le VAL-DE-SAIRE (118,8 à 134,1 millions de Francs), l'OUEST COTENTIN (64 à 88,6 millions de francs dont 67% dans la seule commune de Barneville-Carteret) et enfin la HAGUE (39,1 millions de francs)

Figure 33

DELIMITATION DES 10 UNITES D'ETUDE SUR LE TERRAIN.

LOCALISATION ET TYPE DE MESURES DU R.O.M.I.S.





**D/ L'ETUDE DU MILIEU NATUREL**

## D/ L'ETUDE DU MILIEU NATUREL (Rapports II, IX, X)

Les études bibliographiques préalables ont souligné la nécessité de mieux connaître le fonctionnement hydrosédimentaire de la côte ouest du Cotentin. Des mesures sur le terrain ont donc été réalisées dans cette optique entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine, dans la grande baie du Mont Saint-Michel. La côte Nord et Est du Cotentin n'a pas été étudiée de ce point de vue.

### 1) Les campagnes de mesures

La côte ouest du Cotentin entre le Cap de Carteret et le Bec d'Andaine a été découpée en 10 zones d'études, centrées chacune d'entre-elle sur un havre ou délimitée par des caps rocheux (fig.33).

A l'intérieur de chacune de ces unités, des campagnes de mesures ont été réalisées durant deux périodes d'une semaine environ, avec, au total, 6 à 8 jours de mesures effectives.

Dans la mesure du possible, une complémentarité des scénarios hydrométéorologiques a été recherchée, aussi bien en ce qui concerne l'agitation sur chaque site, que pour la courantologie.

Au total 21 campagnes ont été réalisées entre le mois de janvier 1991 et mai 1993, un complément d'étude ayant été décidé sur la zone comprise entre Lingreville et Granville, compte tenu du linéaire de côte de ce secteur.

Les mesures sur le terrain réalisées ont pour double objectif:

- de parfaire la connaissance des transports sédimentaires sur les plages de la côte ouest du Cotentin, en couplant l'enregistrement des paramètres hydrodynamiques et la quantification des débits solides, dans des conditions marégraphiques et d'agitation contrastées.

- de servir de données de validation pour garantir la fiabilité des codes numériques hydrodynamiques et de transports sédimentaires.

Lors de chaque campagne de terrain, la méthodologie d'expérimentation est identique. Elle consiste, pour chaque zone d'étude (fig.34):

- à mesurer la vitesse et la direction des courants de marée sur la plage à environ 0,40 m du fond en 4 points distincts, au minimum.

- à mesurer les caractéristiques de la houle (Hs, Tp, Ts, Tc, Tz, Dir) en un point,

- à mesurer les transports sédimentaires à l'aide de traceurs fluorescents en quatre points de l'estran et à l'aide de pièges à sédiments sur la basse plage et dans le déferlement quand les conditions d'agitation le permettent.

- à réaliser des profils de plages et des prélèvements de sédiments pour définir leurs caractéristiques,

- à mesurer la direction et l'intensité des vents.

Des mesures marégraphiques sont obtenues, en parallèle, à Portbail, à la pointe d'Agon et à Granville.

L'agitation au large pour certaines campagnes a pu être mesurée, soit sur le site des 3 Grunes, au large de Carteret, des Nattes, au large de Coutainville ou de Videcoq, au large de Granville.

L'ensemble des données issues de ces campagnes est présenté dans les annexes 1 à 6 du rapport IX de l'étude globale.

### 2) Synthèse générale sur la dynamique sédimentaire des plages de Carteret au Bec d'Andaine

Les 21 campagnes de terrain réalisées entre le mois de janvier 1991 et le mois de mai 1993 ont permis d'étudier la dynamique sédimentaire sur les estrans de la côte ouest du Cotentin dans des conditions hydrodynamiques variées.

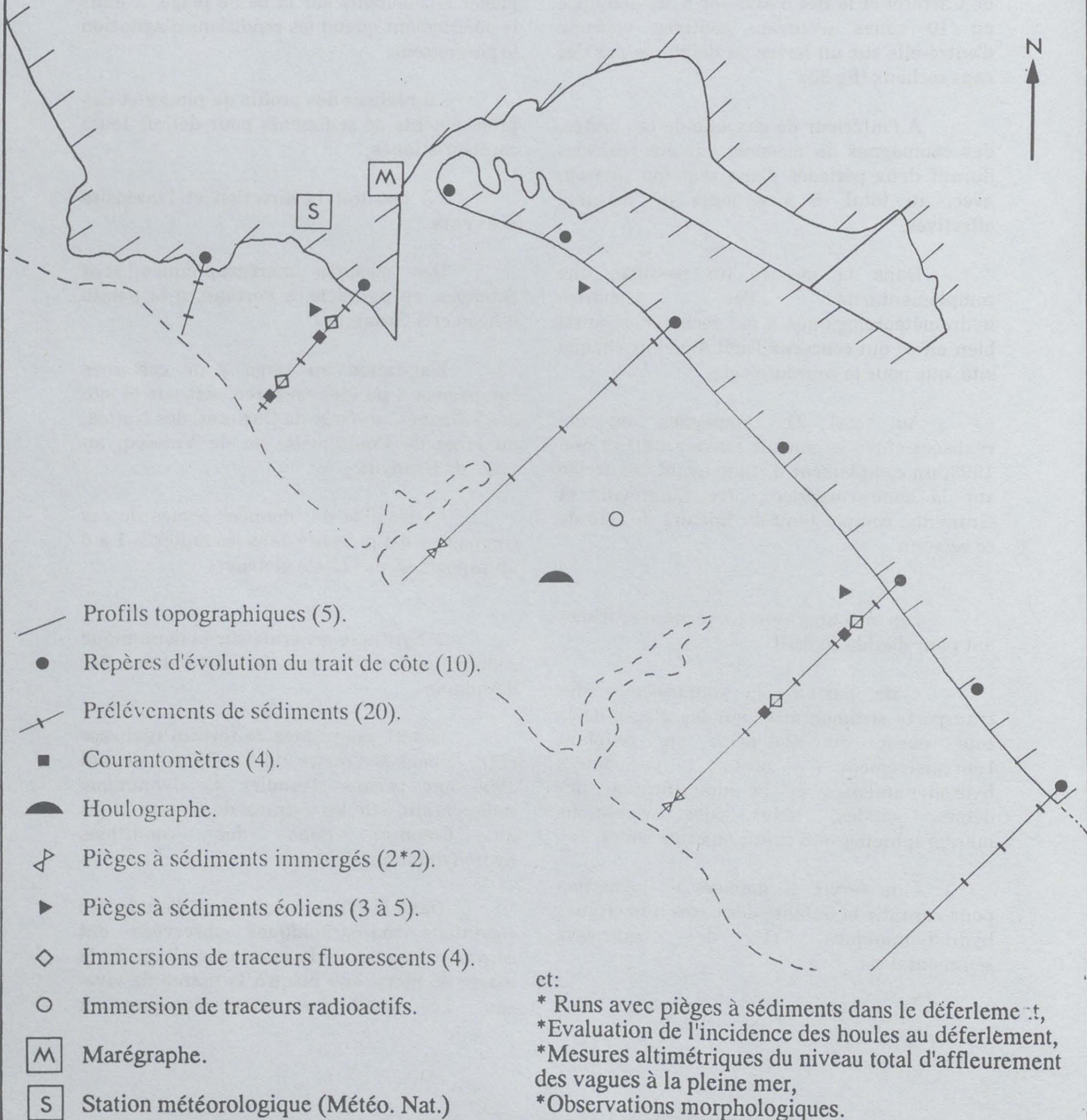
Dans la plupart des zones d'étude, les conditions marégraphiques observées ont couvert une gamme de marnages allant de la marée de morte-eau jusqu'à la marée de vive-eau. Les conditions météorologiques et

Figure 34

RESEAU D'OBSERVATIONS ET DE MESURES IN SITU.

EXEMPLE DE CAMPAGNE DE TERRAIN A BARNEVILLE-CARTERET.

TYPE ET LOCALISATION DE L'INSTRUMENTATION ET DES POINTS DE SUIVI MORPHOSEDIMENTAIRE.



océanographiques enregistrées pour chaque zone ont été contrastées, associant les flux d'Est, correspondant à des situations de beau temps et les flux d'ouest, typiquement générés par des situations dépressionnaires.

Des exceptions peuvent être soulignées comme au cours des campagnes réalisées sur le site de Saint-Germain-sur-Ay/Créances, où les conditions observées ont été principalement cycloniques. Sur le site de Denneville-Surville, les vents d'ouest enregistrés sont restés faibles.

Néanmoins, une analyse des transports sédimentaires dans des conditions hydrodynamiques très diversifiées a pu être réalisée, ceci malgré les difficultés que cela a impliqué au niveau de la programmation et de l'intendance des missions de terrain.

Les résultats obtenus ont permis:

- globalement, de *valider les conditions hydrodynamiques modélisées* (propagation de la houle du large vers les plages) et de *choisir les lois de transports sédimentaires* les mieux appropriées aux plages de la côte ouest du Cotentin;

- par zone d'étude, d'*apprécier l'ordre de grandeur des transports sédimentaires et leur direction sur les hautes et les basses plages* sableuses dans différentes conditions de marée, de courants de marée et de houles (fig.35).

Il est nécessaire de rappeler que les investigations sur le terrain et les travaux de modélisations sont focalisés principalement sur les plages ouvertes directement aux influences du large. C'est le long de ces secteurs de côte que se posent les problèmes de défense contre la mer. L'embouchure des havres présente des conditions hydrodynamiques spécifiques, avec des forts courants de remplissage et de vidange, et des transports sédimentaires particuliers qui ont été partiellement étudiés.

Il ressort de cette analyse par site que:

- dans des **conditions dites de beau temps**, le rôle des courants de marée est essentiel pour expliquer la dynamique

sédimentaire sur les plages de la côte ouest du Cotentin. Globalement, il apparaît que des transports sédimentaires peuvent être induits par les courants de marée quand des coefficients de 95 sont atteints. Ces transports affectent uniquement les basses plages. Ils sont maximum durant une durée très limitée, autour du niveau de pleine mer.

Compte tenu de la direction générale du courant, les transports induits sont orientés parallèlement à la côte, soit SSE-NNW entre Saint-Germain-sur-Ay et Carteret et globalement N-S, plus au Sud. Une renverse est parfois observée. Le courant s'oriente vers l'Ouest et éventuellement vers le SW à environ PM+2,5h. Au moment de la renverse, la vitesse du courant est pratiquement nulle. Une éventuelle reprise d'intensité est constatée sur certain site, juste avant l'émersion. Elle est souvent liée à des conditions topographiques particulières, qui favorisent les écoulements en phase de vidange de l'estran. A ce stade marégraphique, les vitesses atteintes sont pratiquement toujours en dessous des seuils critiques de transport, compte tenu, notamment de la granulométrie, fine, des sédiments du bas estran. Elles ne dépassent que très rarement 0,2 m/s.

Les vitesses maximales de courants ont été enregistrées sur le site de Barneville-Carteret avec des vitesses atteignant pratiquement 1 m/s à trente centimètres du fond. Globalement, elles diminuent progressivement du N vers le S de la zone d'étude.

Ainsi, sur le secteur de côte entre Saint-Pair et Carolles, même dans des conditions de marée de vive-eau moyenne, les courants sont trop faibles pour transporter des sédiments. Sur le secteur entre Saint-Jean-le-Thomas et le bec d'Andaine, les courants de marée sont largement influencés par la géométrie de la côte et notamment la proximité de la baie du Mont-Saint-Michel. Dans cette zone, le régime courantologique diffère de celui observé au Nord. Au flot, les courants portent à l'Est et au SE, assurant le remplissage de la baie. Une renverse s'observe à pleine mer et ensuite la vidange est orientée vers le NW et l'O en fin de cycle. Les transports sédimentaires sont alors efficaces, principalement, dans les chenaux.

Figure 35a **LEGENDE** des "cartes de synthèse des conditions hydrodynamiques et des transports sédimentaires":

Flux sédimentaires issus des pièges multidirectionnels de bas estran (kg/m/mn) :

- $X \leq 0.01$  -
- $0.01 < X \leq 0.05$  →
- $0.05 < X \leq 0.1$  →→
- $0.1 < X \leq 0.25$  →→→
- $0.25 < X$  →→→→

Flux sédimentaires issus des pièges de déferlement (kg/m<sup>2</sup>/mn) :

- $X \leq 0.1$  ◆
- $0.1 < X \leq 1$  ◆◆
- $1 < X \leq 5$  ◆◆◆
- $5 < X \leq 15$  ◆◆◆◆
- $15 < X$  ◆◆◆◆◆

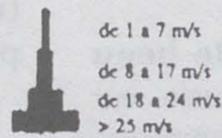
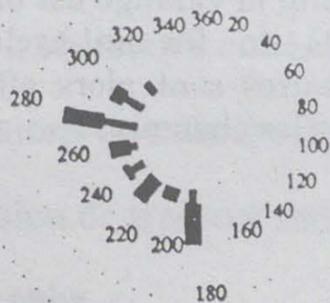
Flux sédimentaires issus des traceurs fluorescents (kg/m.mn) :

- $X \leq 0.5$  ◇
- $0.5 < X \leq 2.5$  ◇◇
- $2.5 < X \leq 10$  ◇◇◇
- $10 < X \leq 20$  ◇◇◇◇
- $20 < X$  ◇◇◇◇◇

Secteurs de provenance de la houle:

- 
- 250
- 

Fréquence moyenne des directions de vent en % :



**PORTBAIL  
SAINT LÔ D'OURVILLE**  
 Carte de synthèse  
 des transports sédimentaires et  
 des conditions hydrodynamiques  
 du 25 février au 01 mars 1991  
 Ech: 1/14100

**PORTBAIL  
SAINT LÔ D'OURVILLE**  
 Carte de synthèse  
 des transports sédimentaires et  
 des conditions hydrodynamiques  
 du 21 au 24 septembre 1992  
 Ech: 1/14100

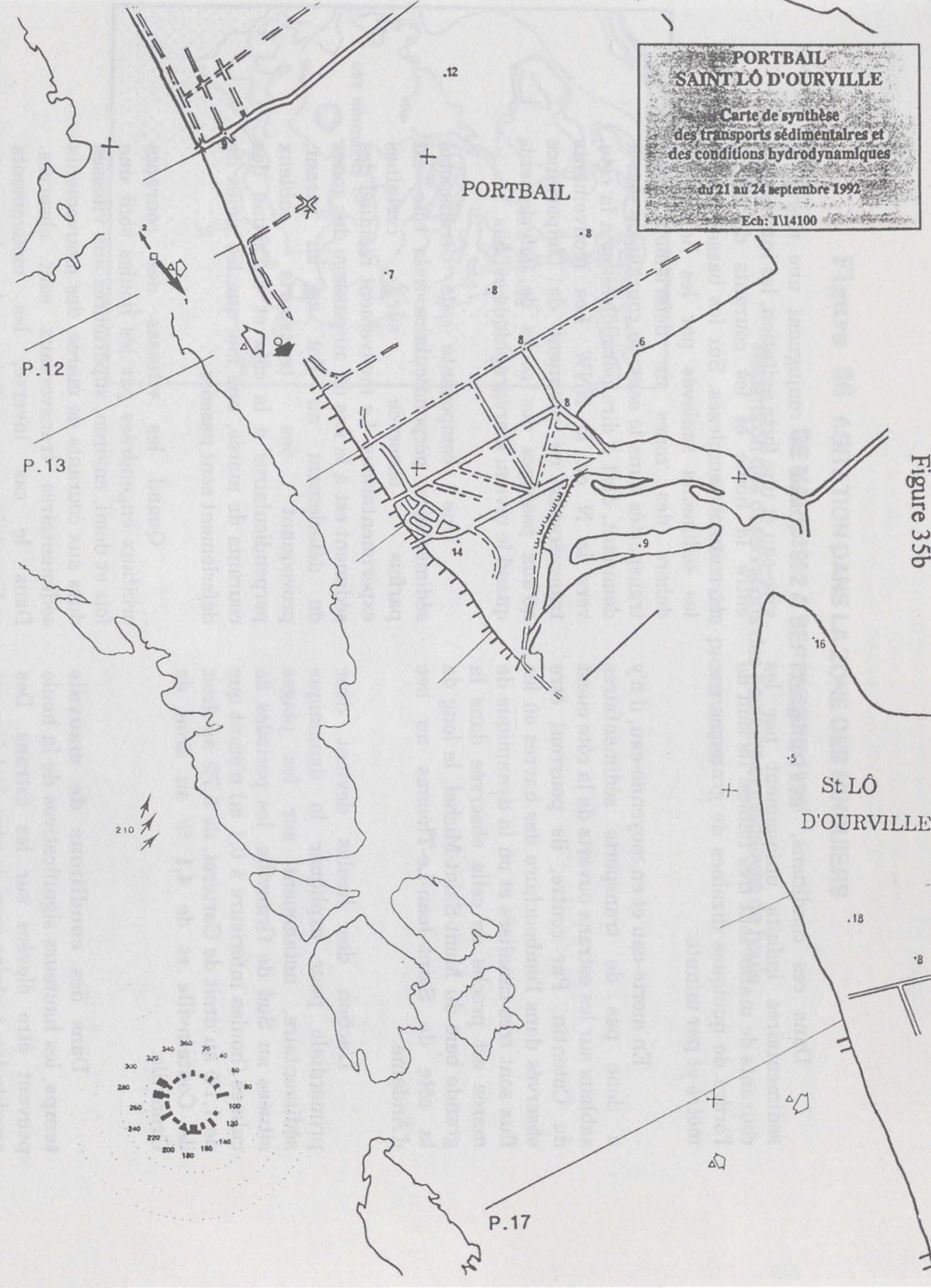
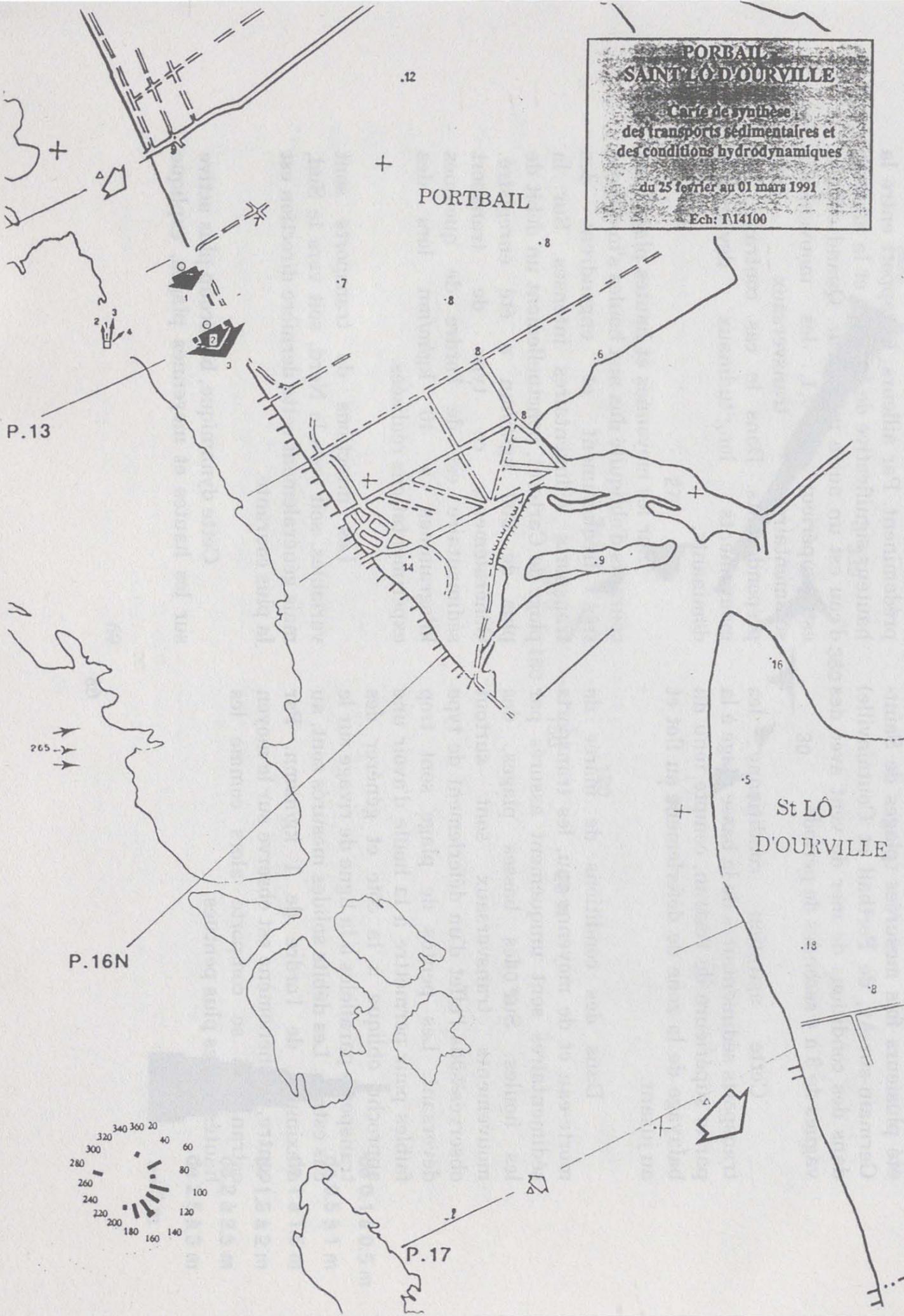


Figure 35b

Dans ces conditions, les transports sédimentaires induits uniquement par les courants de marée sont très faibles. Ils sont de l'ordre de quelques dizaines de grammes par mètre et par minute.

En morte-eau et en moyenne-eau, il n'y a donc pas de transports sédimentaires sableux sur les estrans ouverts de la côte ouest du Cotentin. Par contre, ils pourront être observés dans l'embouchure des havres où les flux sont très canalisés et où la dynamique de marée est proche de celle observée dans la grande baie du Mont-Saint-Michel, le long de la côte de Saint-Jean-Le-Thomas au bec d'Andaine.

L'action des houles devient donc primordiale pour expliquer la dynamique sédimentaire, notamment sur les plages situées au Sud de Granville, les périodes de calmes (houles inférieurs à 0,1 m) n'étant que de 1,1% au droit de Carteret, de 5,7% au droit de Coutainville et de 4,1 % au droit de Granville.

Dans des **conditions de mauvais temps**, les hauteurs significatives de la houle peuvent être élevées sur les estrans. Des amplitudes, à pleine mer, de plus de 1,5 m ont été plusieurs fois mesurées (plages de Saint-Germain-sur-Ay, de Portbail et Coutainville) dans des conditions de mer de vent avec des vagues de 3 à 4 secondes de période.

Cette agitation conditionne les transports sédimentaires de la basse plage à la partie supérieure de l'estran, compte tenu du balayage de la zone de déferlement au flot et au jusant.

Dans des conditions de marée de morte-eau et de moyenne-eau, les transports sédimentaires sont uniquement assurés par les houles. Sur les basses plages, des mouvements transversaux sont surtout observés sous l'effet d'un déferlement de type déversant. Les pentes de plage sont trop faibles pour permettre à la houle d'avoir une approche oblique à la côte et générer des transports parallèles à la ligne de rivage sur le bas estran. Les débits solides mesurés sont, au maximum, de l'ordre de 1 kg/m/mn. Par contre, le phénomène est observé sur le moyen estran, qui se comporte alors comme les hautes plages plus pentues.

Quand se conjuguent une marée de vive-eau et une forte agitation, les interactions entre la houle et les courants de marée deviennent complexes. Sur les basses plages, les sédiments soulevés par les houles, en dehors des zones de déferlement, sont transportés dans le sens du courant de marée dominant, c'est à dire parallèlement à la côte, vers le N ou le NNW. Les mouvements transversaux ne prennent de l'importance qu'aux passages des zones de déferlement, quand le niveau marégraphique est bas.

Une composante de transports sédimentaire, perpendiculaire à la côte, est parfois observée sur certaines expérimentations. Le mouvement résiduel des sédiments est à la fois dû au passage des zones de déferlement au flot et au jusant, provoquant des transports sableux perpendiculaires à la côte et à l'action des courants de marée, une fois que les zones de déferlement sont passées.

Quand les vitesses des courants orbitaux engendrées par les houles sont une fois et demi, environ, supérieures aux vitesses dues aux courants de marée, des mouvements sédimentaires transversaux sont observés. Dans le cas inverse, les mouvements sédimentaires parallèles à la côte prédominent. Par ailleurs, le rapport entre la hauteur significative de la houle et la hauteur d'eau est un autre indicateur. Quand celui-ci est supérieur à 0,1, les mouvements sédimentaires transversaux sont prépondérants. Dans le cas contraire, les mouvements longitudinaux deviennent dominants.

Sur les moyennes et hautes plages, les courants d'obliquité dus aux houles s'installent très fréquemment et engendrent des transports sédimentaires intenses. Sur la plage de Carteret, ponctuellement un débit de plus de 200 kg/m/mn a été enregistré. Généralement, ce type de transport sédimentaire est de l'ordre de quelques kilogrammes à 40 kg/m/mn lors des expérimentations réalisées.

Les directions de transports sont variables, soit vers le Nord, soit vers le Sud, mais généralement cette dernière direction est la plus courante.

Cette dynamique, beaucoup plus active sur les hautes et moyennes plages, explique

# Figure 36 AGITATION DANS LA ZONE DES MINQUIERS

DE MARS 1992 A SEPTEMBRE 1992

Répartition des observations des hauteurs significatives de houle  
en fonction des provenances

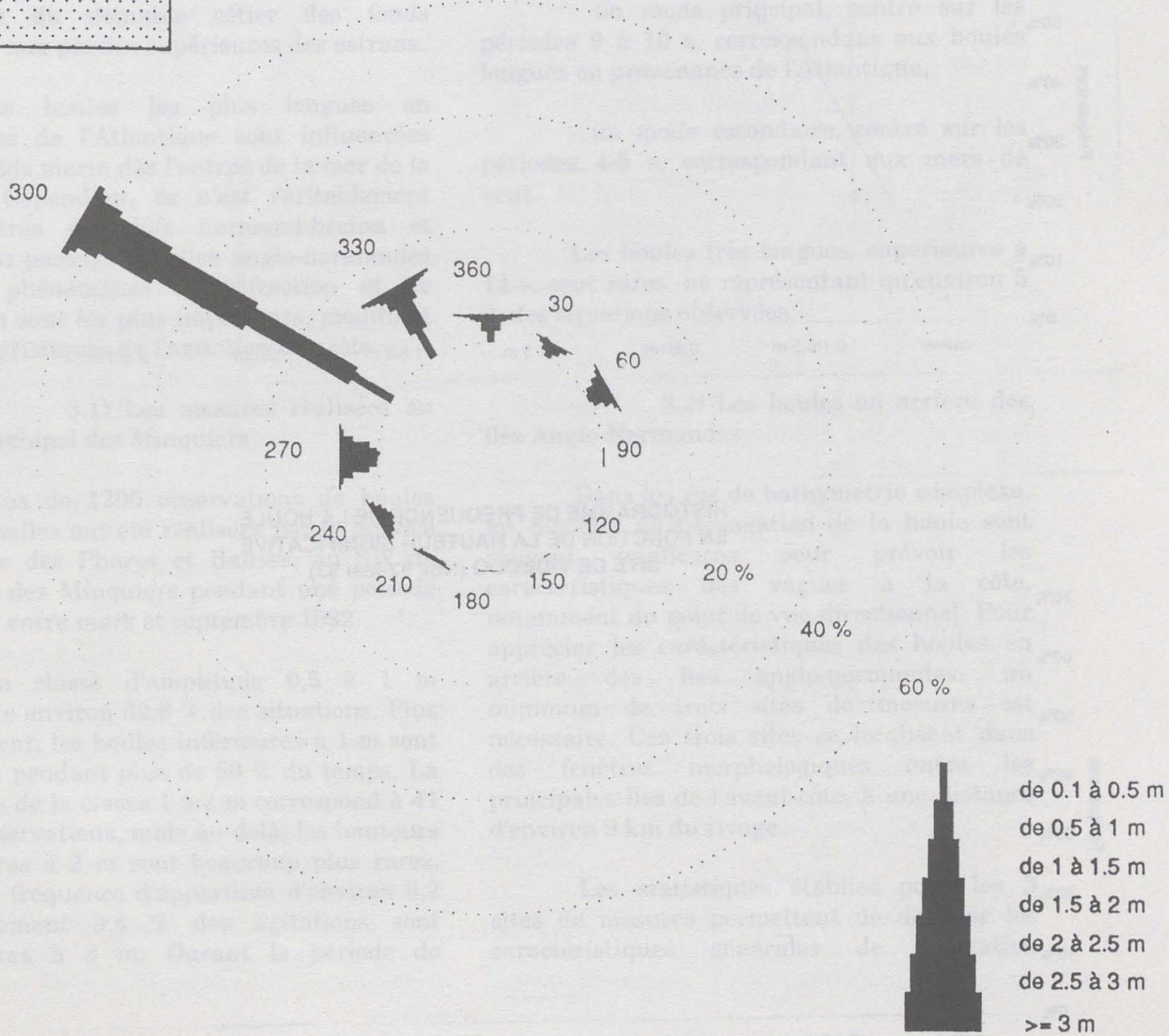
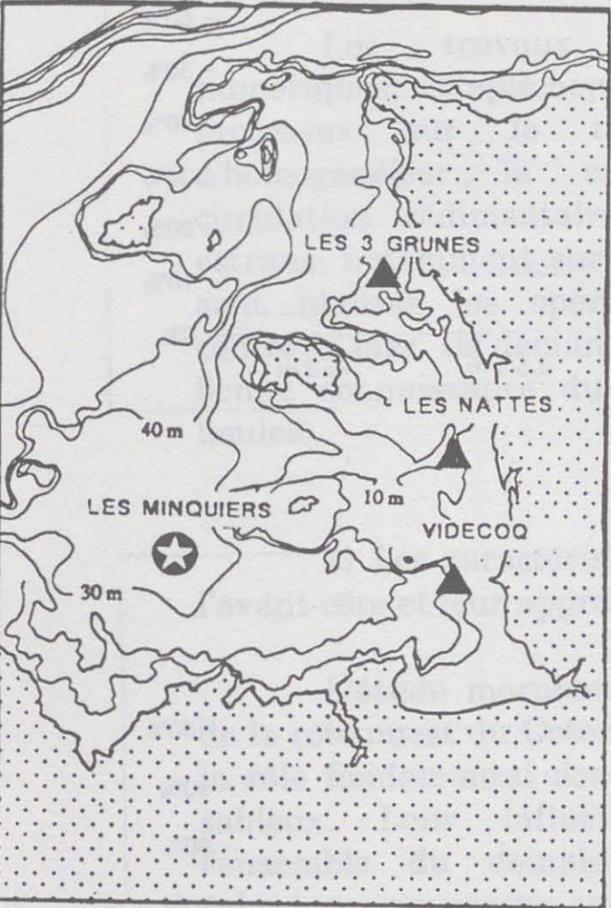
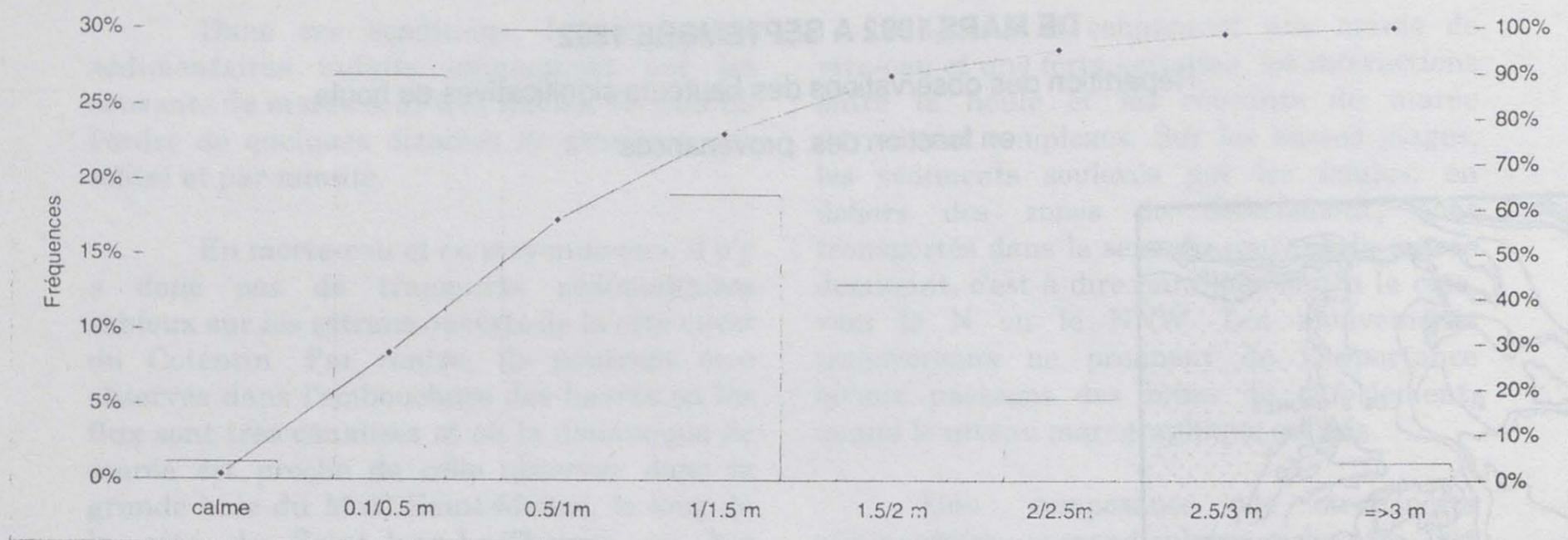
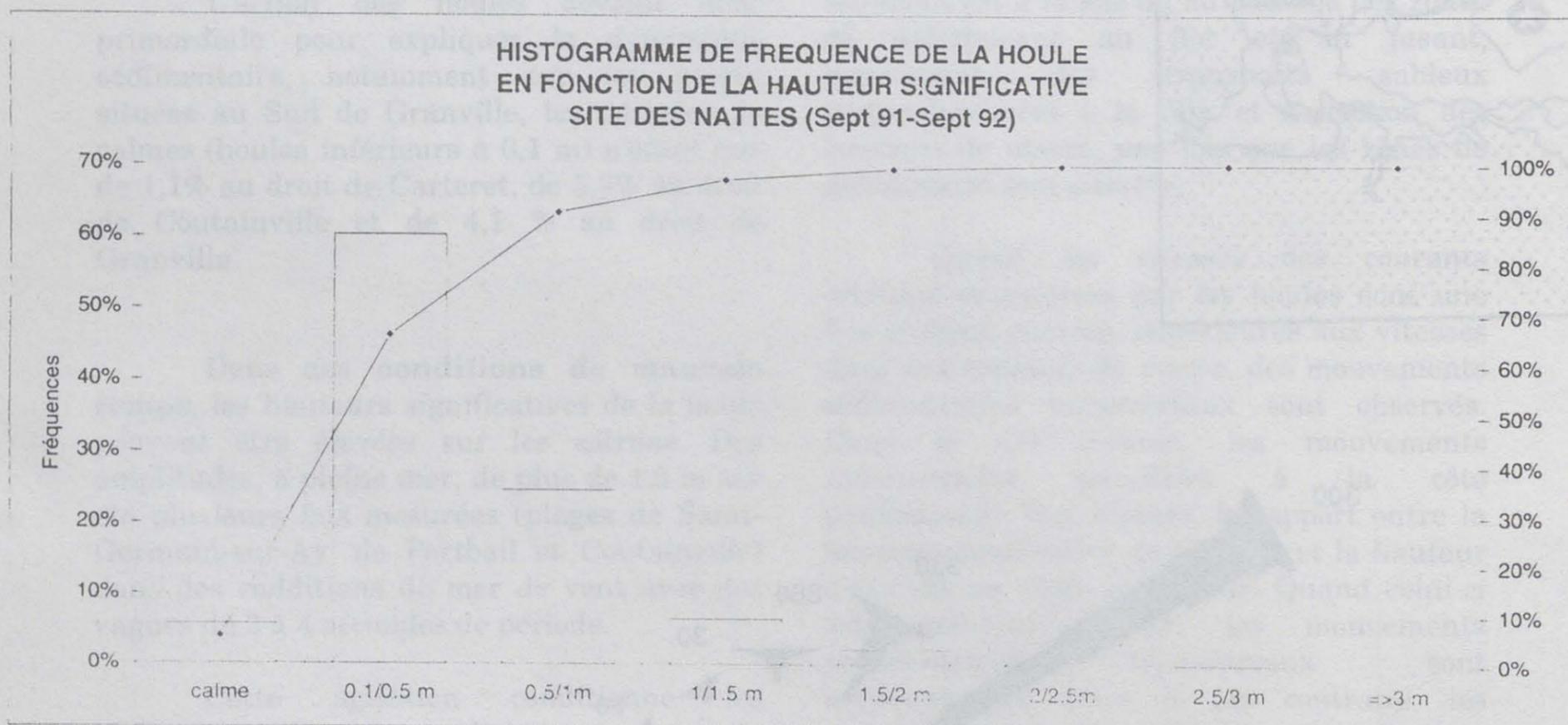


Figure 37

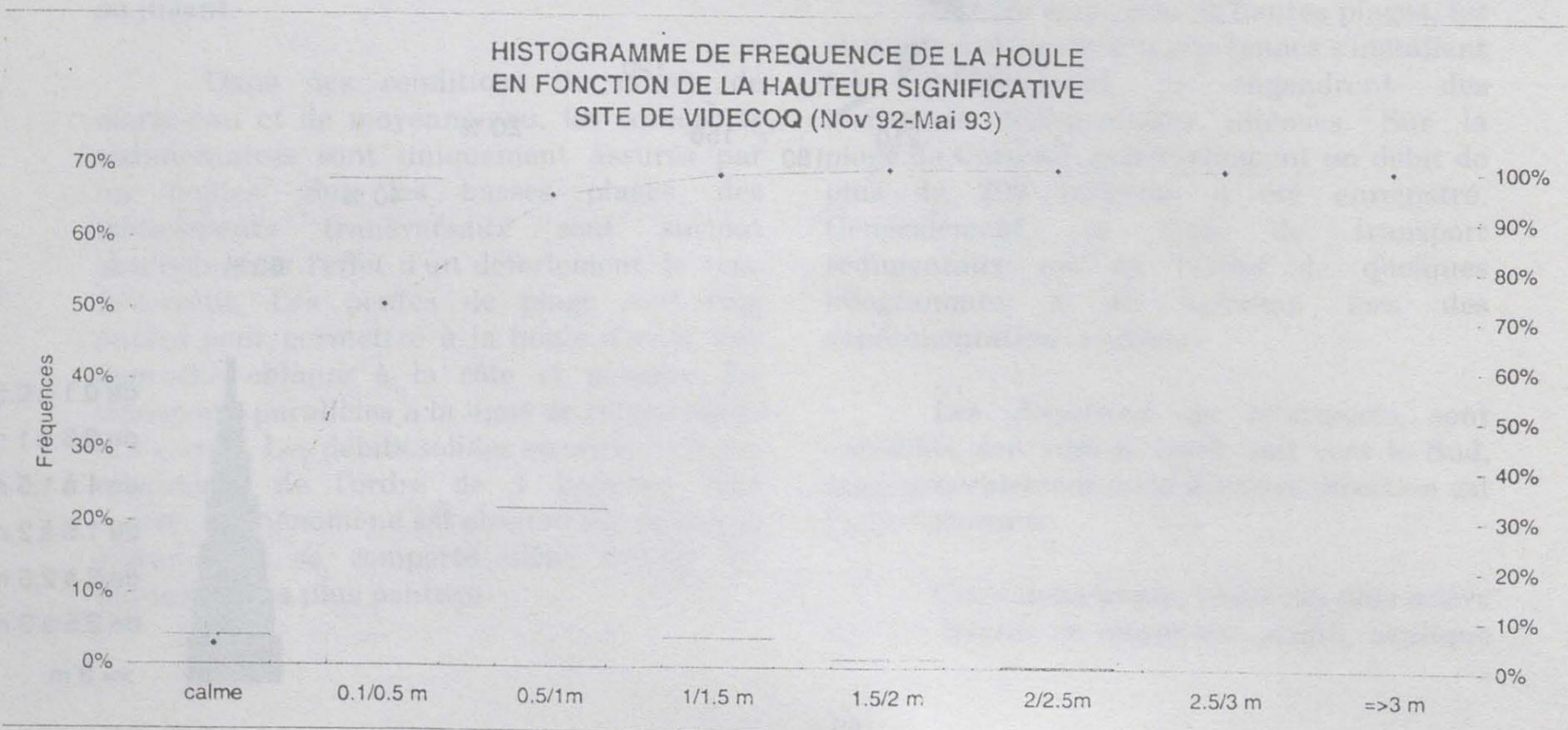
HISTOGRAMME DE FREQUENCE DE LA HOULE  
EN FONCTION DE LA HAUTEUR SIGNIFICATIVE  
SITE DES TROIS GRUNES (Sept 91/Oct 92-Jan 93)



HISTOGRAMME DE FREQUENCE DE LA HOULE  
EN FONCTION DE LA HAUTEUR SIGNIFICATIVE  
SITE DES NATTES (Sept 91-Sept 92)



HISTOGRAMME DE FREQUENCE DE LA HOULE  
EN FONCTION DE LA HAUTEUR SIGNIFICATIVE  
SITE DE VIDEOCOQ (Nov 92-Mai 93)



les fortes fluctuations altimétriques que subissent les hauts estrans, malgré une période d'immersion, beaucoup plus courte, que sur les bas estrans.

Les travaux de modélisations numériques, complémentaires de l'étude des processus sur le terrain, permettront d'homogénéiser la connaissance de la circulation sédimentaire à la surface des estrans, notamment sur les hautes plages où sont réalisés les opérations de protection contre la mer. Ils demandent au préalable une bonne connaissance du climat régional des houles.

### 3) Les caractéristiques des houles sur l'avant-côte et leur approche à la côte

L'étude morphodynamique des plages de la côte ouest du Cotentin a mis en évidence le rôle fondamental des houles sur les fonds sableux. Leur influence semble couvrir l'ensemble du domaine côtier des fonds subtidaux aux parties supérieures des estrans.

Les houles les plus longues en provenance de l'Atlantique sont influencées par les fonds marin dès l'entrée de la mer de la Manche. Cependant, ce n'est véritablement qu'à l'entrée du golfe normand-breton et surtout au passage des îles anglo-normandes que les phénomènes de réfraction et de diffraction sont les plus importants, modifiant les caractéristiques de l'agitation à la côte.

#### 3.1) Les mesures réalisées au SW de l'archipel des Minquiers

Plus de 1200 observations de houles directionnelles ont été réalisées par le Service Technique des Phares et Balises, au SW de l'archipel des Minquiers pendant une période de 6 mois entre mars et septembre 1992.

La classe d'amplitude 0,5 à 1 m représente environ 32,6 % des situations. Plus globalement, les houles inférieures à 1 m sont mesurées pendant plus de 50 % du temps. La fréquence de la classe 1 à 2 m correspond à 41 % des observations, mais au-delà, les hauteurs supérieures à 2 m sont beaucoup plus rares, avec une fréquence d'apparition d'environ 8,2 %. Seulement 3,4 % des agitations sont supérieures à 3 m. Durant la période de

mesures, la hauteur significative maximale observée est de 3,61 m.

En ce qui concerne les directions de propagation (fig.36), le secteur de provenance compris entre 285° et 315° est largement dominant, représentant près de 64 % des observations. Les houles d'Ouest ne représentent que 6,8% des situations et sont minoritaires par rapport au secteur 315°-345°, qui sont observées pendant 14,2 % du temps.

Le site de mesures apparaît cependant fortement influencé par la côte nord bretonne, réduisant considérablement la fréquence des agitations de SW. Les houles atlantiques d'ouest sont également réfractées de manière importante par les fonds côtiers de la Bretagne. Les houles d'WNW à NNW sont alors les plus fréquentes, les crêtes de houles ayant tendance à épouser la forme des isobathes.

Les périodes de pic présentent une nette bimodalité, avec:

- un mode principal, centré sur les périodes 9 à 10 s, correspondant aux houles longues en provenance de l'Atlantique,

- un mode secondaire, centré sur les périodes 4-5 s, correspondant aux mers de vent.

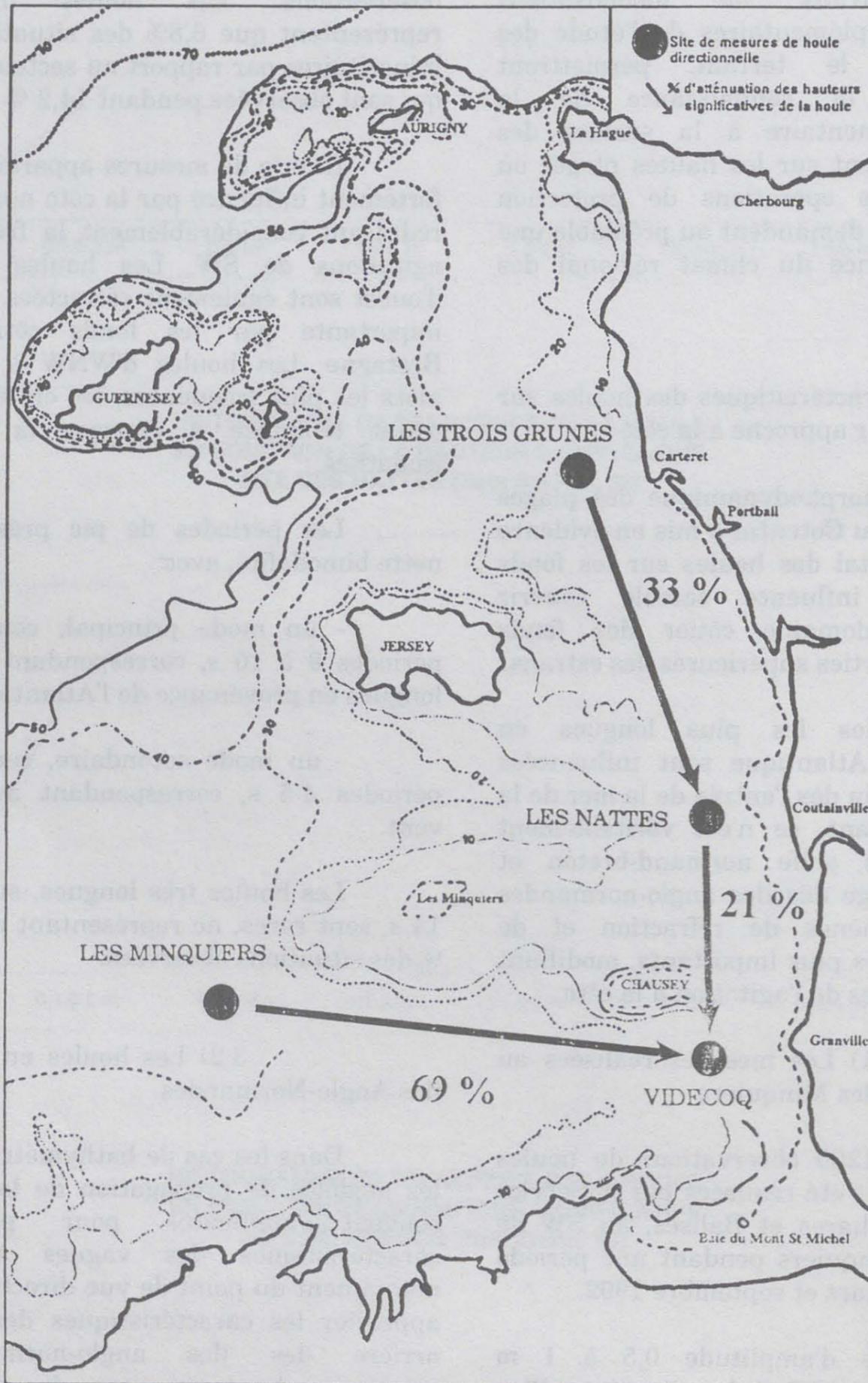
Les houles très longues, supérieures à 14 s, sont rares, ne représentant qu'environ 5 % des situations observées.

#### 3.2) Les houles en arrière des îles Anglo-Normandes

Dans les cas de bathymétrie complexe, les modèles de propagation de la houle sont souvent inefficaces pour prévoir les caractéristiques des vagues à la côte, notamment du point de vue directionnel. Pour apprécier les caractéristiques des houles en arrière des îles anglo-normandes, un minimum de trois sites de mesures est nécessaire. Ces trois sites se localisent dans des fenêtres morphologiques entre les principales îles de l'avant-côte, à une distance d'environ 9 km du rivage.

Les statistiques établies pour les 3 sites de mesures permettent de dégager les caractéristiques générales de l'agitation

Figure 38 : Amortissement de l'amplitude des houles dans le golfe normand-breton



devant la côte ouest du Cotentin entre Carteret et Granville.

### 3.2.1) Les hauteurs significatives

Globalement, les hauteurs significatives sont décroissantes du Nord vers le Sud (fig.37). Aux Trois Grunes, la hauteur maximale enregistrée dépasse 4 m, aux Nattes, elle est comprise entre 2,5 et 3 m et à Videcoq entre 2 et 2,5 m. La classe de hauteurs dominantes est celle comprise entre 0,5 et 1 m aux large de Carteret et de 0,1 à 0,5 m sur les autres sites. En ce qui concerne les périodes de calme, elles ne sont que de 1% aux 3 Grunes, contre 5,7 et 4,1 % respectivement aux Nattes et à Videcoq.

Cette atténuation N-S des houles sur la côte ouest du Cotentin peut être quantifiée en comparant, deux à deux, aux mêmes instants, les hauteurs significatives de la houle sur différents sites. En moyenne la hauteur significative de la houle aux Nattes représente 67 % de celle observée aux Trois Grunes. De même, les hauteurs à Videcoq représentent en moyenne 52,8 %, soit près de la moitié des hauteurs mesurées aux large de Carteret.

### 3.2.2) Les directions de propagation

Les directions de propagation de la houle sont particulièrement homogènes le long de la côte ouest du Cotentin. Selon les sites, 92,7 à 96,2 % des houles proviennent des secteurs compris entre 225 ° et 315 °. Le secteur ouest est largement prédominant, avec 68 % des situations aux trois Grunes, 53,6 aux Nattes et 75,7 à Videcoq. La direction de propagation 300 ° est également fréquente aux trois Grunes et aux Nattes, alors que le secteur 240° apparaît également comme prédominant à Videcoq.

### 3.2.3) Les périodes

La distribution des périodes de pics est bimodale sur l'ensemble de la côte ouest. Ceci confirme les observations réalisées sur le site des Minquiers. Les houles courtes, inférieures à 6 s, générées par les vents locaux, sont prédominantes sur le site des Trois Grunes et des Nattes. Par contre, elles sont secondaires à

Videcoq. Les houles longues ont une médiane centrée sur les périodes 11-12 s aux 3 Grunes et à Videcoq et 8-9 s aux Nattes. Les trois sites peuvent, par ailleurs, être soumis à des houles de plus de 20 s. Ainsi, malgré l'important amortissement des houles vers le site de Videcoq, les longues périodes sont dominantes. Néanmoins, ce sont les houles courtes, provenant du SW et de l'W qui engendrent les plus fortes hauteurs. La même observation peut être faite pour le site des Nattes, alors qu'aux Trois Grunes, ce sont les houles de 9-10 s qui sont les plus élevées

### 3.2.4) La propagation des houles du large vers l'avant-cote

Malgré son exposition aux flux venant de l'Ouest, comme le long de la façade Atlantique, la côte ouest du Cotentin est beaucoup moins exposée aux fortes houles. La morphologie de l'avant-côte, le tracé général des contours du golfe Normand-breton contribuent à amortir très efficacement les houles provenant de l'Atlantique.

La hauteur significative des houles aux Nattes est en moyenne égale à environ 39 % de celle observée aux Minquiers, toutes provenances confondues. L'ajustement linéaire entre les hauteurs pour chaque site est valide pour des houles de 0 à 2,5 m aux Minquiers. Au-delà, la différence est moins importante, de l'ordre de 50 %.

Du point de vue de la direction des houles, le secteur 300° (270°-330°) est prédominant aux Minquiers. En parallèle, aux Nattes, le spectre directionnel est globalement de même largeur. Cependant, les directions principales de propagation sont comprises entre 250 et 310°, soit décalées en moyenne de 20° vers le Sud.

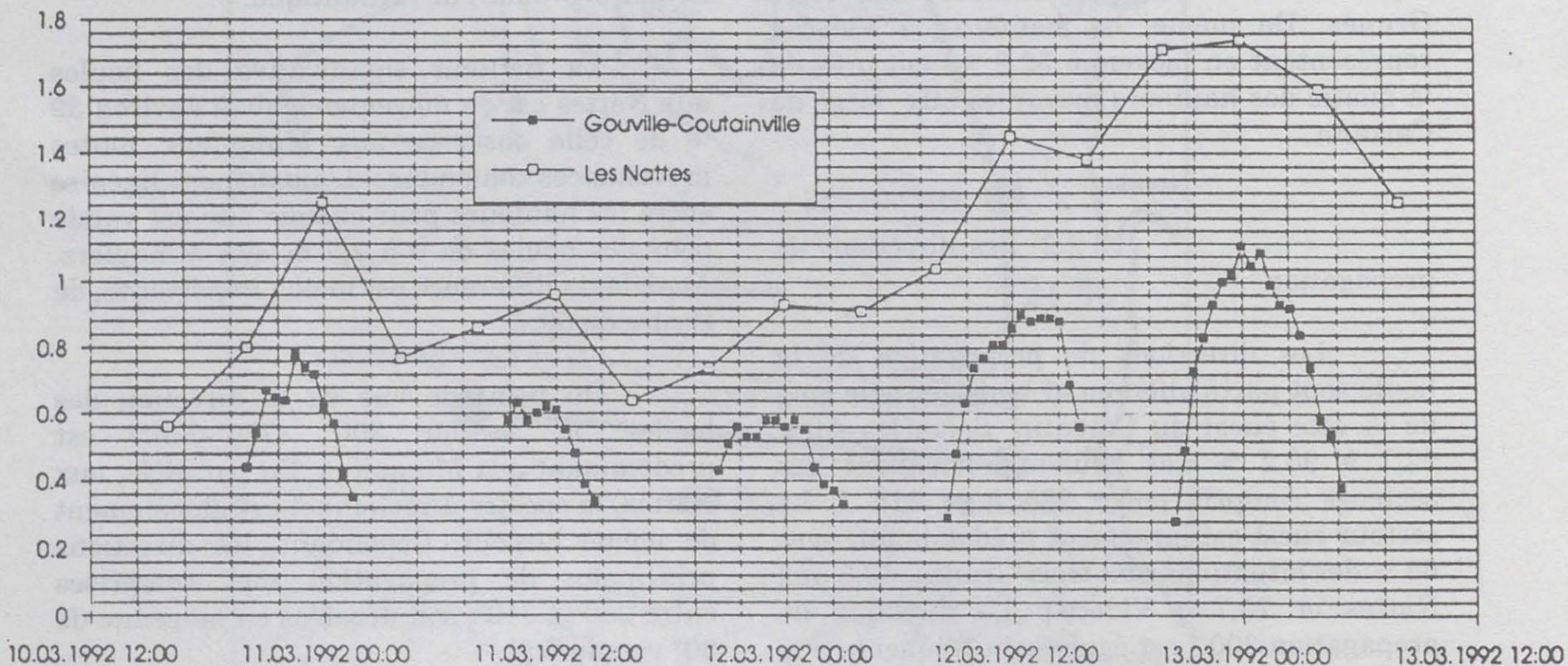
Sur le site de Videcoq, globalement la hauteur significative moyenne est égale à 31 % de celle mesurée aux Minquiers. L'amortissement de la houle est donc supérieure à celui calculé entre les Minquiers et les Nattes. Il s'explique par la localisation plus méridionale du site de Videcoq, au fond du golfe normand-breton par rapport aux Nattes.

Connaissant les caractéristiques des houles en plusieurs points singuliers du golfe normand-breton, il est possible d'en déduire

hauteurs extrêmes/sites	Trois Grunes	Nattes	Videcoq
hauteur annuelle	4,36 m	2,72 m	2,84 m
hauteur decennale	5,91 m	3,69 m	3,87 m
hauteur centennale	7,45 m	4,66 m	4,9 m

Tabl. 3: Hauteurs significatives des houles extrêmes le long de la côte ouest du Cotentin

Figure 39 Comparaison de hauteurs significatives de houle



un schéma général de synthèse concernant l'amortissement des hauteurs significatives selon deux axes (fig.38).

- le premier W-E, de part et d'autre des îles Anglo-normandes,

- le second N-S, à l'Est des îles Anglo-normandes.

D'un point de vue directionnel, le large spectre directionnel aux Minquiers se trouve considérablement réduit au niveau des Nattes et de Videcoq. Les îles et les hauts-fonds de l'avant-côte du Cotentin tendent à canaliser la propagation de la houle. Cette analyse n'est cependant valable que sur les sites de mesures. Il est probable que dans l'ombre des obstacles, notamment de Jersey et des archipels des Minquiers et de Chausey, les houles soient encore plus atténuées et possèdent un spectre directionnel plus complexe.

### 3.2.5) L'influence de la marée sur les houles de l'avant-côte et des plages

Les enregistrements marégraphiques et houlographiques réalisés simultanément sur l'avant-côte permettent de souligner le rôle des fluctuations de longues périodes du plan d'eau statique sur l'amplitude des houles.

Les courbes de hauteurs significatives de la houle, superposées à la courbe de marée, présentent d'importantes fluctuations d'une valeur à une autre. Les pics de hauteur de houle apparaissent très nettement au moment où les niveaux marégraphiques sont les plus élevés. A la côte, la marée module les hauteurs de houle en provoquant un amortissement plus ou moins important en fonction de la hauteur d'eau, au cours de chaque cycle marégraphique.

Les estrans ne subissent pas la totalité du cycle marégraphique compte tenu de leurs altitudes toujours au-dessus du zéro hydrographique. La figure 39 présente les variations de hauteurs significatives de la houle sur les plages et sur le site d'enregistrement au large le plus proche. Plusieurs constatations peuvent être faites:

- la hauteur significative des houles sur les plages, mesurée sur les bas estrans, varie considérablement sur une période

d'environ 8 à 9 heures correspondant au temps d'immersion de l'estran sur le site de mesure;

- les maxima entre les périodes d'exondation (absence de houle) ont une périodicité d'environ 12 heures, correspondant à la période de retour des cycles de marée semi-diurne. La hauteur de la houle apparaît proportionnelle à la hauteur d'eau.

- les effets de la marée sont également sensibles sur les enregistrements du large, les fluctuations de hauteurs significatives étant calquées sur celles de l'estran.

La marée contrôle donc fortement l'amplitude des houles, ceci d'autant plus à proximité de la côte.

### 3.2.6) Les houles extrêmes

Les caractéristiques des houles extrêmes sur les sites des Trois Grunes, des Nattes et de Videcoq ont été déterminées par la méthode probabiliste proposée par Larras (1979) et utilisée au L.N.H. par Allen (1982) pour les principaux sites de mesures de houles en France.

Le tableau 3 résume l'ensemble des houles significatives extrêmes pour les trois sites de mesures réalisés sur l'avant-côte du Cotentin.

La houle annuelle apparaît beaucoup plus élevée aux Trois Grunes, avec une hauteur de 4,36 m, contre 2,72 m et 2,84 m respectivement aux Nattes et à Videcoq. La même observation peut être faite pour les houles décennales et centennales.

Globalement, une atténuation des hauteurs significatives extrêmes entre le Nord-Cotentin et le Sud-Cotentin est observée, conformément aux enregistrements réalisés sur le terrain. Cependant, les houles extrêmes aux Nattes sont moins élevées que celles calculées pour le site de Videcoq. Les observations ont, par contre, montré un amortissement moyen d'environ 21 % des hauteurs significatives entre les deux sites de mesures.

La méthode probabiliste d'estimation des houles extrêmes ne permet pas d'aboutir aux mêmes conclusions. Ce problème est directement lié à la représentativité des

**Figure 40 MODELISATION DES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES SUR LES HAUTES ET MOYENNES PLAGES**

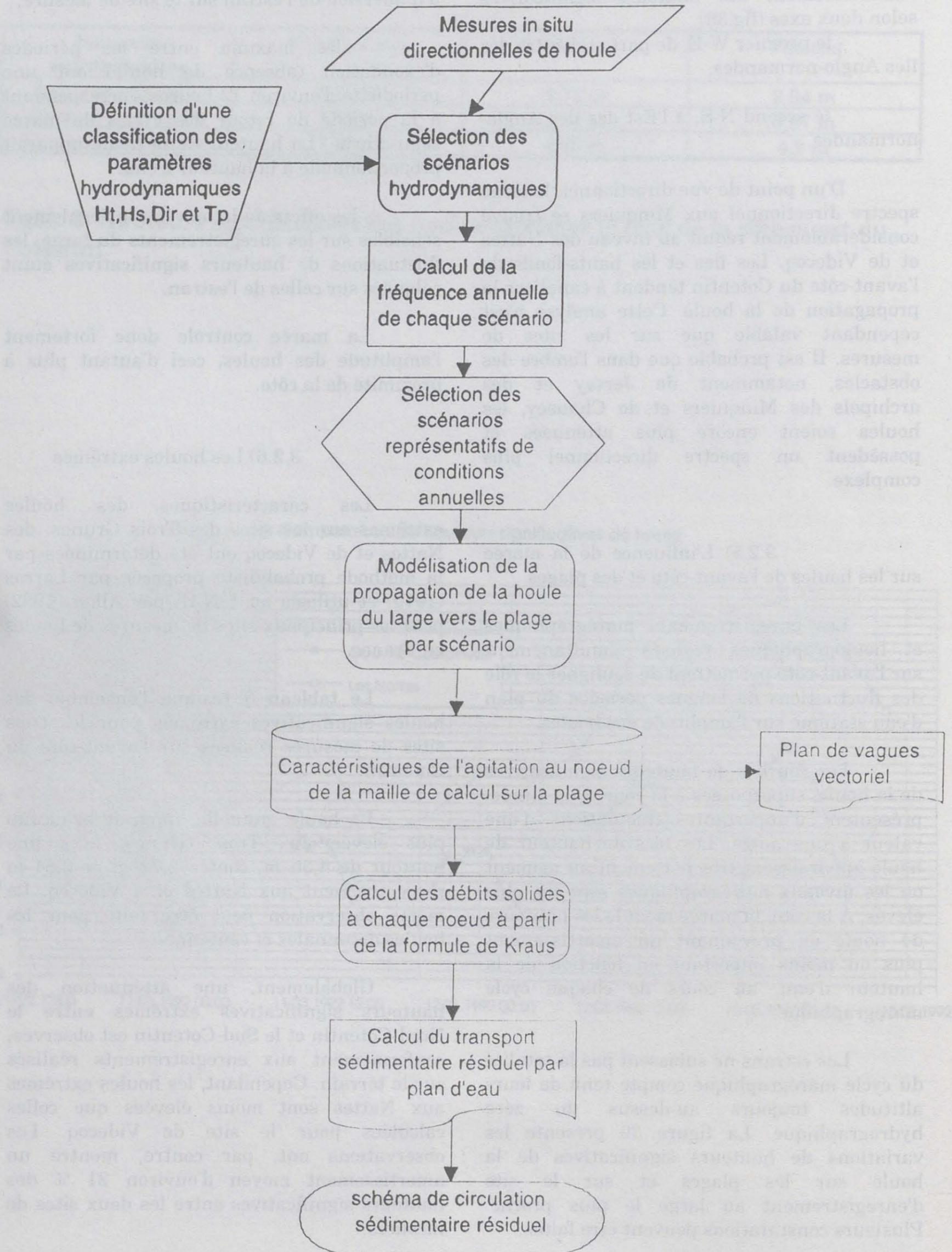


Figure 41

# HAUTEUR SIGNIFICATIVE DE HOULE

Zone Gouville-Hauteville

Houle incidente aux NATTES

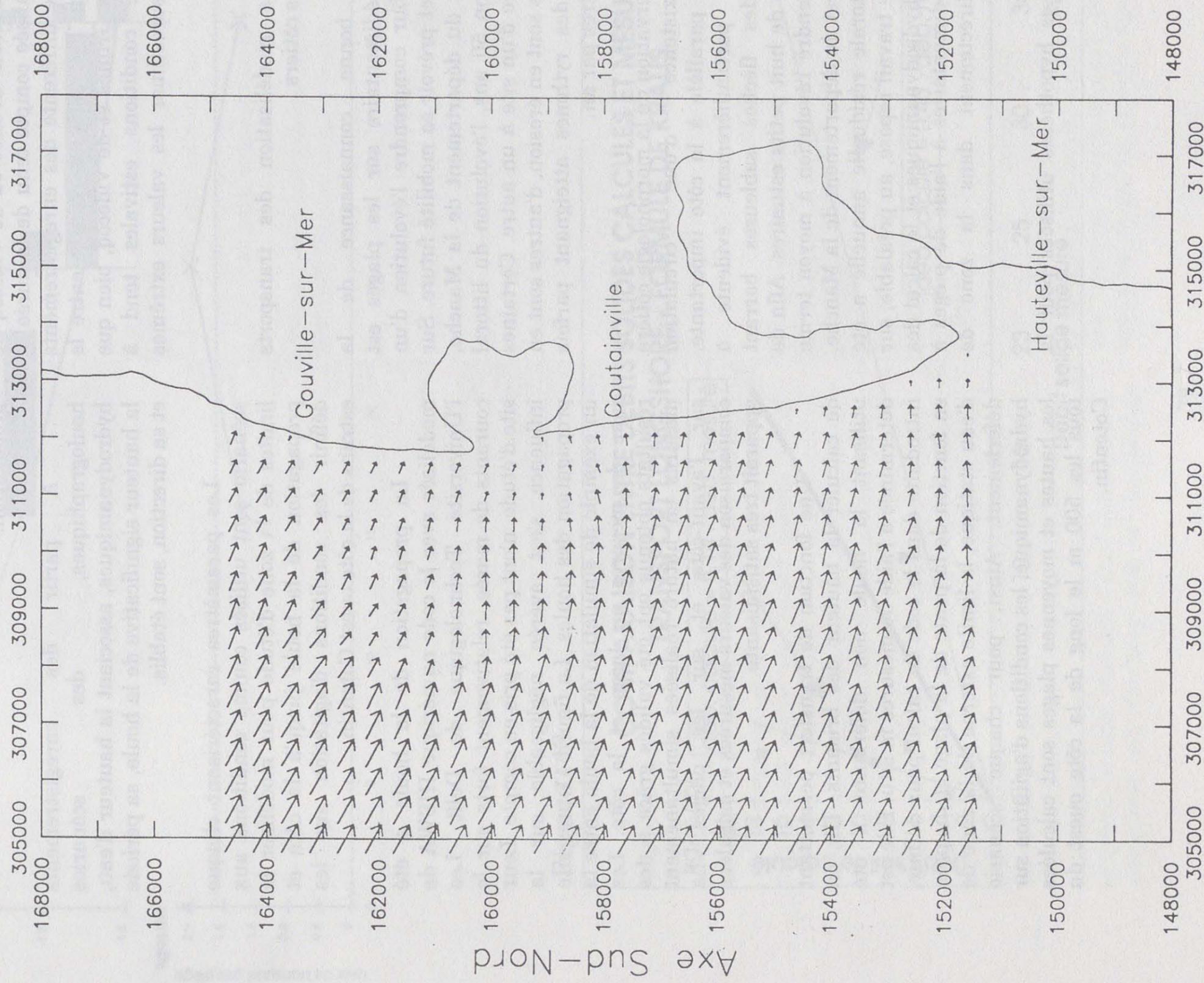
Hauteur significative  $H_s=2.5$  mètres

Direction : 300 degrés

Période significative  $T_p=7$  secondes

Niveau du plan d'eau statique : 1.25 m. I.G.N. 69

Occurrence annuelle : 0.76 %  
1m. →



périodes d'observations in situ. Pendant l'année de mesures sur le site des Nattes, les conditions météorologiques sont restées clémentes. Une dizaine de mois de mesures a pu être effectuée, entre septembre 1991 et septembre 1992, couvrant une période estivale et une période hivernale. Par contre, pour les enregistrements effectués aux Trois Grunes et à Videcoq, les conditions entre le mois d'octobre 1992 et de juin 1993, incluent uniquement des conditions hivernales, avec notamment la tempête du 25 octobre 1992.

Une comparaison des valeurs extrêmes des houles significatives entre le site des Nattes et des Trois Grunes ou de Videcoq ne peut être réalisée compte tenu de la durée et de la période différente des enregistrements sur le terrain. Elle est plus réaliste entre le site des Trois Grunes et de Videcoq, bien que l'absence de conditions estivales tend à légèrement surestimer les valeurs extrêmes obtenues.

#### 4) La modélisation des transports sédimentaires côtiers

Une bonne connaissance de la circulation sédimentaire sur les plages est nécessaire pour comprendre l'évolution d'un trait de côte et prévoir sa mobilité future. Sur la côte ouest du département de la Manche, depuis environ 50 ans, l'évolution du littoral est très variée d'un site à un autre. Certaines zones côtières sont en érosion, d'autres sont en accretion à des rythmes atteignant parfois plusieurs mètres par an.

L'observation de la morphologie côtière révèle l'existence d'une circulation sédimentaire parallèle à la côte importante. Celle-ci est particulièrement évidente à l'extrémité des flèches sableuses barrant l'embouchure de huit petits estuaires. Afin de mieux comprendre l'évolution à moyen terme de la côte ouest du département de la Manche, la dérive littorale résiduelle annuelle a été modélisée. Ce travail repose, au préalable, sur des mesures hydrodynamiques et le calcul des transports sédimentaires à l'aide de pièges à sédiments directement dans la zone de déferlement.

##### 4.1) Les hypothèses utilisées pour la modélisation

##### 4.1.1) La détermination des conditions d'agitation sur les estrans

La modélisation des transports sédimentaires sur la partie supérieure des estrans de la côte ouest du Cotentin nécessite une schématisation du climat local d'agitation (fig.40). Dans un premier temps, des mesures de houle directionnelle ont été réalisées sur trois sites de l'avant-côte du Cotentin pendant une période de huit à dix mois, qui inclut une saison hivernale. Une exploitation statistique des données obtenues a permis d'affiner la connaissance de l'agitation régionale, notamment celle des directions de propagation.

A partir des enregistrements houlographiques, des scénarios hydrodynamiques, associant la hauteur d'eau, la hauteur significative de la houle, sa période et sa direction, sont établis.

Les paramètres caractérisant chaque scénario sont utilisés comme conditions aux limites de la zone d'étude pour modéliser la propagation de la houle jusqu'à la côte et définir les conditions d'agitation sur les estrans de la côte ouest Cotentin.

La propagation de la houle a été modélisée avec le code numérique HISWA de l'Université Technologique de Delft. Les courants de marée, relativement forts sur le site d'étude, n'ont pas été pris en compte. Leur influence s'est avérée négligeable sur la propagation des houles. La figure 41 présente un exemple de simulation de la houle entre la zone de mesures au large et la côte. Les résultats obtenus ont été validés grâce à des mesures en nature réalisées simultanément sur l'avant-côte et sur les plages. La comparaison des valeurs mesurées et calculées apparaît très satisfaisante.

Une fonction de transfert permettant de calculer la hauteur des brisants,  $H_b$ , en utilisant la houle non déferlante a été déterminée à l'aide de mesures in situ. Elle est introduite dans le code de calcul pour définir, en fonction de la pente de la plage et du plan d'eau statique, la limite externe de la zone de déferlement. Ainsi, pour chaque scénario hydrodynamique, les conditions d'agitation sur les hautes et moyennes plages sont calculées tous les 500 m le long de la côte ouest du Cotentin.

Figure 42 Campagne 16 Profil 98  
 Transports sédimentaires dans la zone de déferlement  
 le 22.10.92 à 18:30

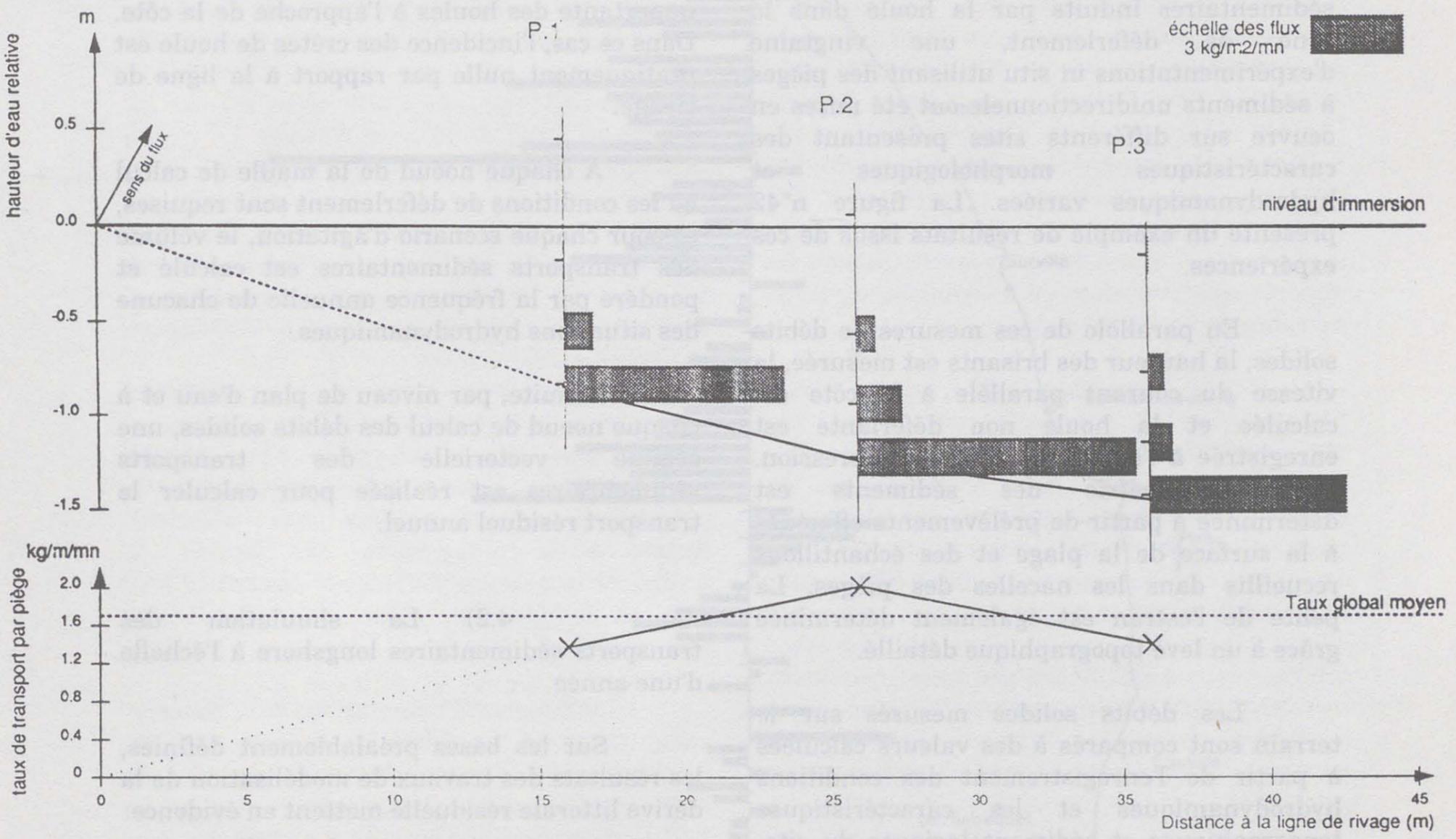
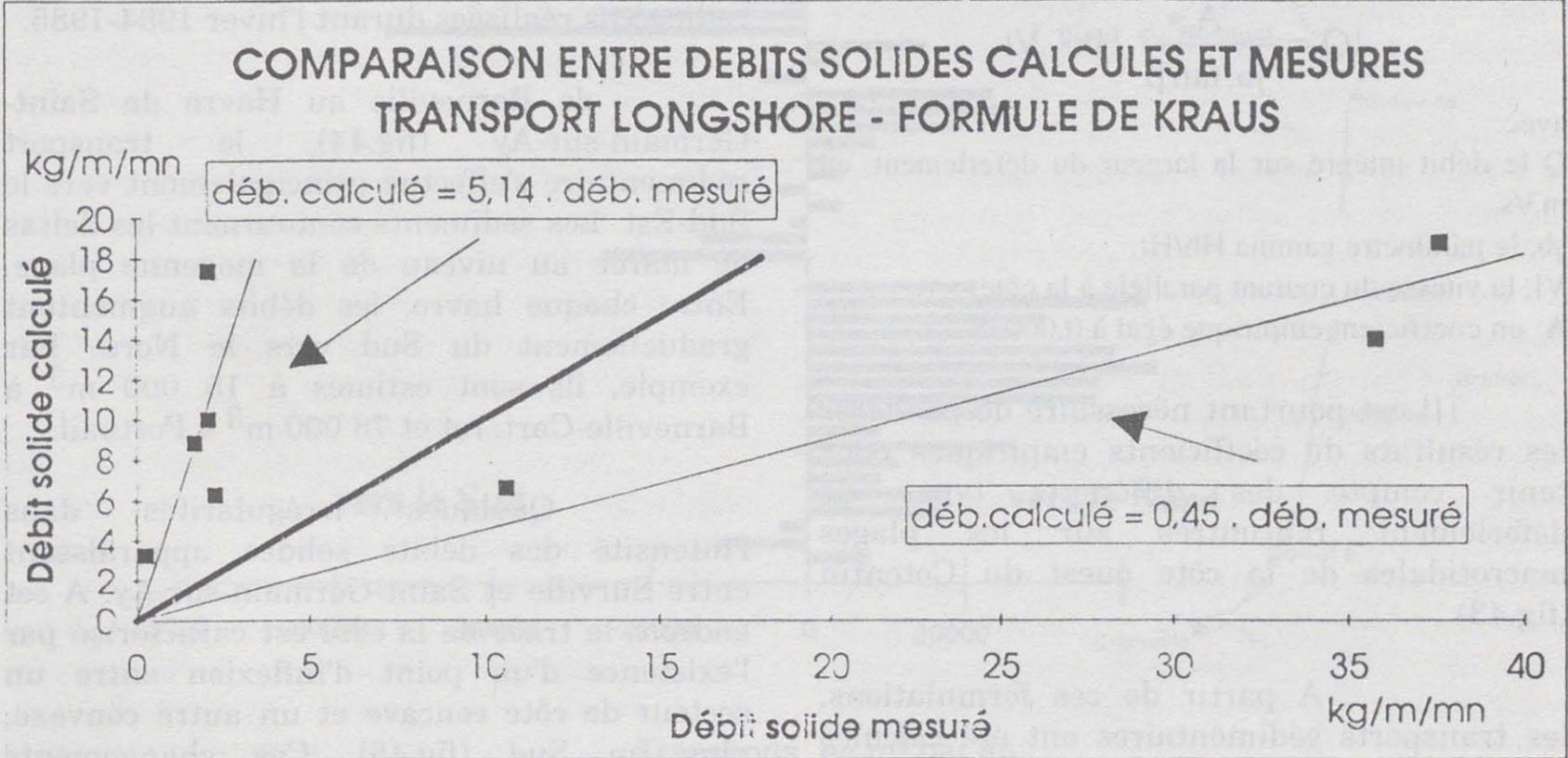


Figure 43



#### 4.1.2) La quantification des débits solides

Pour calculer les transports sédimentaires induits par la houle dans la zone de déferlement, une vingtaine d'expérimentations in situ utilisant des pièges à sédiments unidirectionnels ont été mises en oeuvre sur différents sites présentant des caractéristiques morphologiques et hydrodynamiques variées. La figure n°42 présente un exemple de résultats issus de ces expériences.

En parallèle de ces mesures de débits solides, la hauteur des brisants est mesurée, la vitesse du courant parallèle à la côte est calculée et la houle non déferlante est enregistrée à l'aide d'un capteur de pression. La granulométrie des sédiments est déterminée à partir de prélèvements effectués à la surface de la plage et des échantillons recueillis dans les nacelles des pièges. La pente de l'estran est également déterminée grâce à un levé topographique détaillé.

Les débits solides mesurés sur le terrain sont comparés à des valeurs calculées à partir de l'enregistrement des conditions hydrodynamiques et les caractéristiques topographiques et sédimentologiques du site. Quatre formules de transport sédimentaire parallèle à la côte ont été testées. La formule de Kraus (1982) donne les résultats les plus satisfaisants. Elle s'exprime sous la forme suivante:

$$Q = \frac{A}{\gamma_b \cdot \tan \beta} \cdot H_b^2 \cdot V_l$$

avec:

Q le débit intégré sur la largeur du déferlement, en m<sup>3</sup>/s.

$\gamma_b$ , le paramètre gamma H<sub>b</sub>/H<sub>t</sub>.

V<sub>l</sub>, la vitesse du courant parallèle à la côte.

A: un coefficient empirique égal à 0,00038

Il est pourtant nécessaire de pondérer les résultats de coefficients empiriques pour tenir compte des différents types de déferlement rencontrés sur les plages macrotidales de la côte ouest du Cotentin (fig.43).

A partir de ces formulations, les transports sédimentaires ont été calculés pour six plans d'eau statiques couvrant une largeur de plage entre le niveau de mi-marée

et le trait de côte. Sur les basses plages, le déferlement induit des transports sédimentaires longshore considérés comme négligeables, compte tenu de la réfraction importante des houles à l'approche de la côte. Dans ce cas, l'incidence des crêtes de houle est pratiquement nulle par rapport à la ligne de rivage.

A chaque noeud de la maille de calcul où les conditions de déferlement sont requises, et pour chaque scénario d'agitation, le volume des transports sédimentaires est calculé et pondéré par la fréquence annuelle de chacune des situations hydrodynamiques.

Ensuite, par niveau de plan d'eau et à chaque noeud de calcul des débits solides, une somme vectorielle des transports sédimentaires est réalisée pour calculer le transport résiduel annuel.

#### 4.2) La simulation des transports sédimentaires longshore à l'échelle d'une année

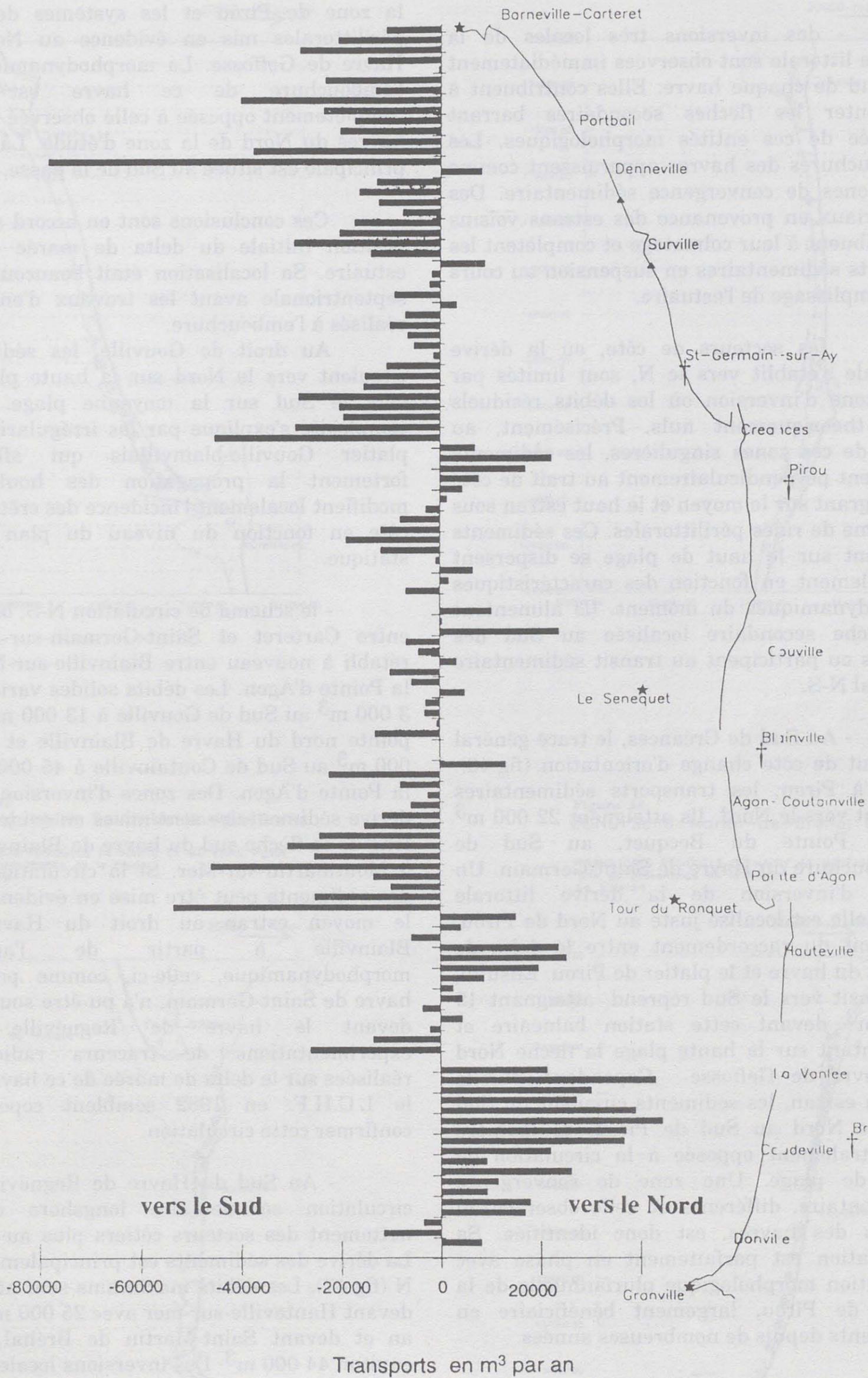
Sur les bases préalablement définies, les résultats des travaux de modélisation de la dérive littorale résiduelle mettent en évidence:

- une alimentation sédimentaire de la côte ouest du Cotentin par un flux en provenance du Nord. Les débits annuels sont estimés par le modèle à environ 120 000 m<sup>3</sup> au droit du Cap de Carteret. Ce chiffre se trouve confirmé par les expérimentations de traceurs radioactifs réalisées durant l'hiver 1984-1985.

- de Barneville au Havre de Saint-Germain-sur-Ay (fig.44), le transport sédimentaire s'effectue principalement vers le Sud-Est. Les sédiments contournent les deltas de marée au niveau de la moyenne plage. Entre chaque havre, les débits augmentent graduellement du Sud vers le Nord. Par exemple, ils sont estimés à 15 000 m<sup>3</sup> à Barneville-Carteret et 78 000 m<sup>3</sup> à Portbail.

- Quelques irrégularités dans l'intensité des débits solides apparaissent entre Surville et Saint-Germain-sur-Ay. A cet endroit, le tracé de la côte est caractérisé par l'existence d'un point d'inflexion entre un secteur de côte concave et un autre convexe, plus au Sud (fig.45). Ces changements d'orientation du littoral ouest Cotentin expliquent le fort gradient des transports

Figure 44 TRANSPORTS RESIDUELS LONGSHORE DE CARTERET A GRANVILLE



longshore et la présence de points neutres où l'approche des houles est le plus souvent parallèle à la ligne de rivage.

- des inversions très locales de la dérive littorale sont observées immédiatement au Sud de chaque havre. Elles contribuent à alimenter les flèches secondaires barrant l'entrée de ces entités morphologiques. Les embouchures des havres apparaissent comme des zones de convergence sédimentaire. Des matériaux en provenance des estrans voisins contribuent à leur colmatage et complètent les apports sédimentaires en suspension au cours du remplissage de l'estuaire.

- les secteurs de côte, où la dérive littorale s'établit vers le N, sont limités par une zone d'inversion où les débits résiduels sont théoriquement nuls. Précisément, au droit de ces zones singulières, les sédiments circulent perpendiculairement au trait de côte en migrant sur le moyen et le haut estran sous la forme de rides périlittorales. Ces sédiments arrivant sur le haut de plage se dispersent latéralement en fonction des caractéristiques hydrodynamiques du moment. Ils alimentent la flèche secondaire localisée au Sud des havres ou participent au transit sédimentaire général N-S.

- Au Sud de Créances, le tracé général du trait de côte change d'orientation (fig.46). Jusqu'à Pirou, les transports sédimentaires portent vers le Nord. Ils atteignent  $22\ 000\ m^3$  à la Pointe du Becquet, au Sud de l'embouchure du Havre de Saint-Germain. Un point d'inversion de la dérive littorale résiduelle est localisé juste au Nord de Pirou, au droit du raccordement entre le delta de jusant du havre et le platier de Pirou. Ensuite, le transit vers le Sud reprend, atteignant  $19\ 000\ m^3$  devant cette station balnéaire et alimentant sur la haute plage la flèche Nord du havre de Geffosse. Cependant, sur le moyen estran, les sédiments circulent du Sud vers le Nord au Sud de Pirou, de manière diamétralement opposée à la circulation de haut de plage. Une zone de convergence sédimentaire, différente de celle observée au niveau des havres, est donc identifiée. Sa localisation est parfaitement en phase avec l'évolution morphologique pluriannuelle de la plage de Pirou, largement bénéficiaire en sédiments depuis de nombreuses années.

- Le secteur d'Anneville à Blainville présente une dynamique apparemment

complexe. Au droit du Havre de Geffosse, sur le moyen estran, les sédiments circulent du Sud vers le Nord. Ils contribuent à alimenter la zone de Pirou et les systèmes de rides périlittorales mis en évidence au Nord du Havre de Geffosse. La morphodynamique de l'embouchure de ce havre est donc complètement opposée à celle observée sur les havres du Nord de la zone d'étude. La flèche principale est située au Sud de la passe.

Ces conclusions sont en accord avec la position initiale du delta de marée de cet estuaire. Sa localisation était beaucoup plus septentrionale avant les travaux d'endiguage réalisés à l'embouchure.

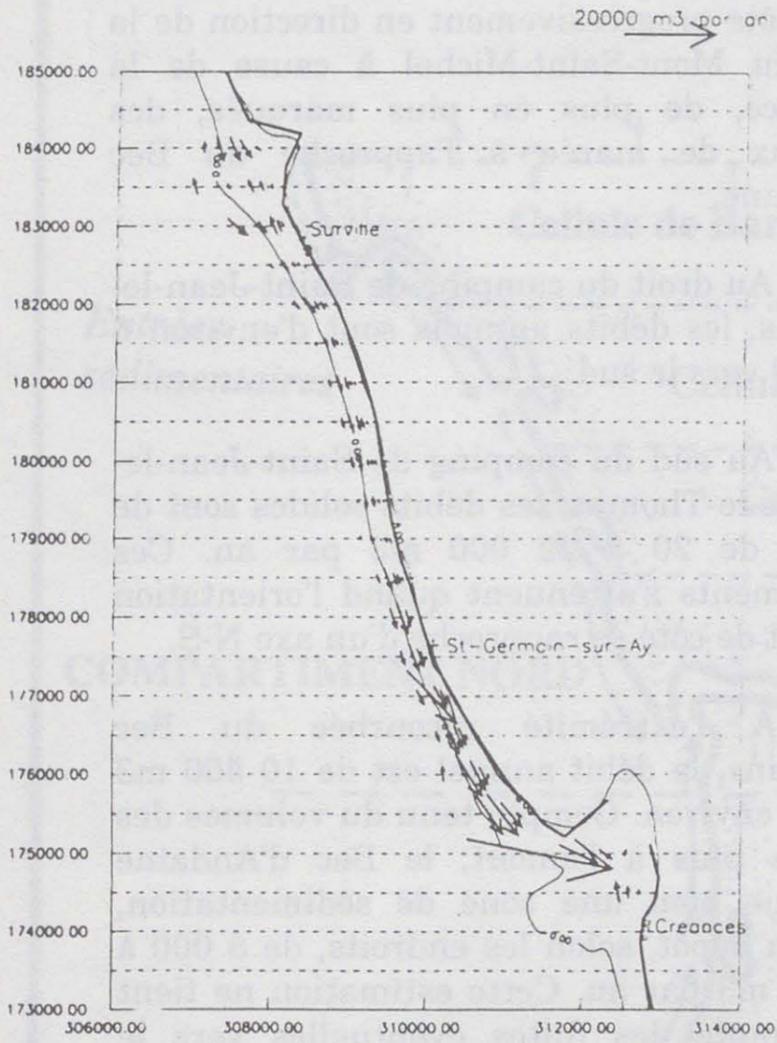
Au droit de Gouville, les sédiments circulent vers le Nord sur la haute plage et vers le Sud sur la moyenne plage. Cette complexité s'explique par les irrégularités du platier Gouville-blainvillais qui affectent fortement la propagation des houles et modifient localement l'incidence des crêtes à la côte en fonction du niveau du plan d'eau statique.

- le schéma de circulation N-S, observé entre Carteret et Saint-Germain-sur-Ay se rétabli à nouveau entre Blainville-sur-Mer et la Pointe d'Agon. Les débits solides varient de  $3\ 000\ m^3$  au Sud de Gouville à  $13\ 000\ m^3$  à la pointe nord du Havre de Blainville et de  $15\ 000\ m^3$  au Sud de Coutainville à  $45\ 000\ m^3$  à la Pointe d'Agon. Des zones d'inversion de la dérive sédimentaire sont mises en évidence le long de la flèche sud du havre de Blainville et à Montmartin-sur-Mer. Si la circulation N-S des sédiments peut être mise en évidence sur le moyen estran au droit du Havre de Blainville à partir de l'analyse morphodynamique, celle-ci, comme pour le havre de Saint-Germain, n'a pu être soulignée devant le havre de Regnéville. Les expérimentations de traceurs radioactifs réalisées sur le delta de marée de ce havre par le L.C.H.F. en 1982 semblent cependant confirmer cette circulation.

- Au Sud du Havre de Regnéville, la circulation sédimentaire longshore diffère nettement des secteurs côtiers plus au Nord. La dérive des sédiments est principalement S-N (fig.47). Les débits maximums sont atteints devant Hauteville-sur-mer avec  $25\ 000\ m^3$  par an et devant Saint-Martin de Bréhal, avec environ  $44\ 000\ m^3$ . Des inversions locales sont néanmoins observées au droit de la flèche nord du havre de Lingreville. A Donville-les-Bains,

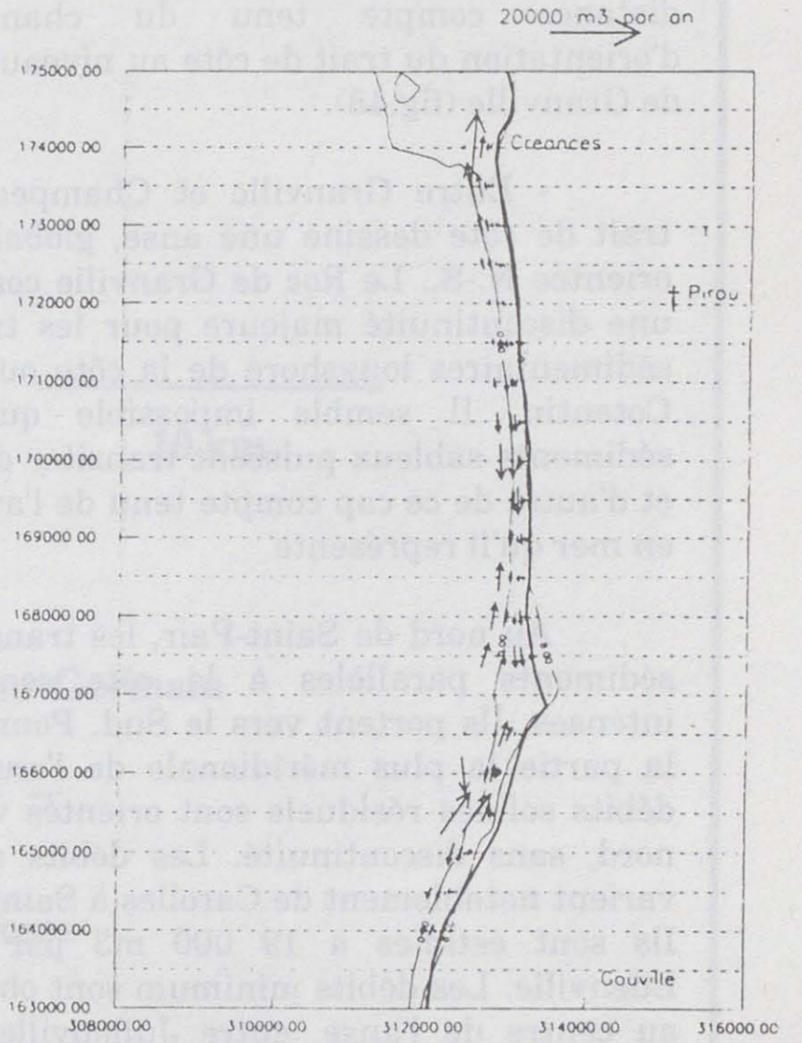
**Figure 45**  
ZONE Surveillance Créances

TRANSPORTS RESIDUELS DE HAUTE ET MOYENNE PLAGE  
Site de provenance de la houle :  
Les Trois Grunes



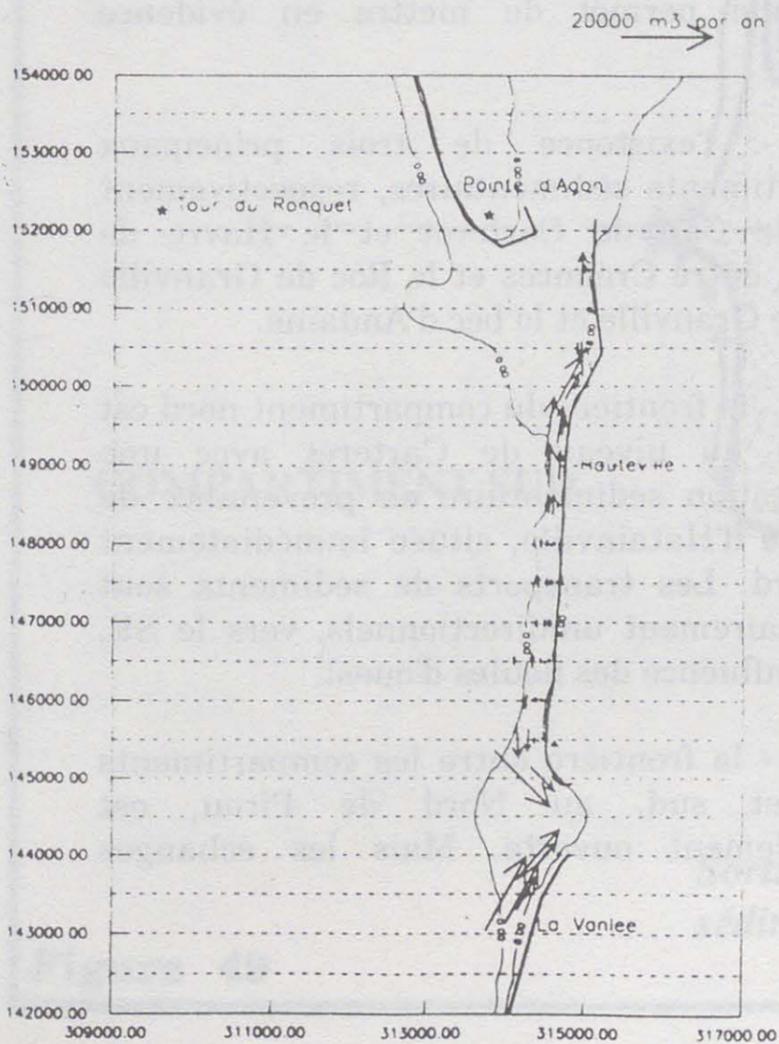
**Figure 46**  
ZONE Créances Gouville-sur-mer

TRANSPORTS RESIDUELS DE HAUTE ET MOYENNE PLAGE  
Site de provenance de la houle :  
Les Nattes



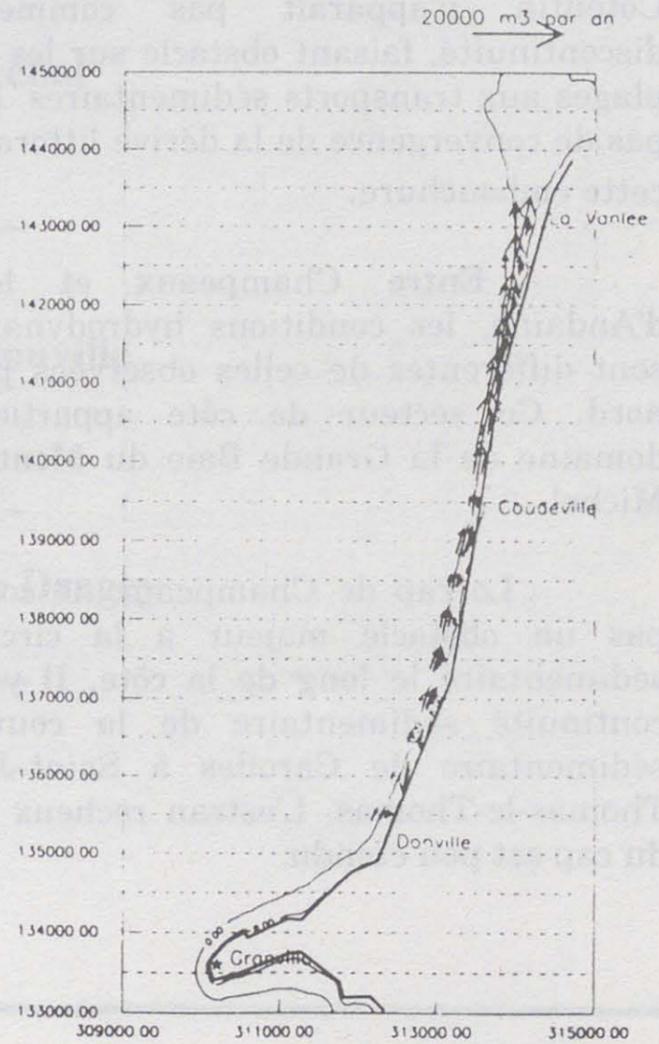
**Figure 47**  
ZONE Hauteville Saint-Martin-de-Brehal

TRANSPORTS RESIDUELS DE HAUTE ET MOYENNE PLAGE  
Site de provenance de la houle :  
Les Nattes



**Figure 48**  
ZONE Saint-Martin-de-Brehal Granville

TRANSPORTS RESIDUELS DE HAUTE ET MOYENNE PLAGE  
Site de provenance de la houle :  
Le Vidéocq



un équilibre entre les mouvements sédimentaires longitudinaux N-S et S-N s'instaure nécessairement sur une courte distance compte tenu du changement d'orientation du trait de côte au niveau du cap de Granville (fig.48).

- Entre Granville et Champeaux, le trait de côte dessine une anse, globalement orientée N.-S.. Le Roc de Granville constitue une discontinuité majeure pour les transits sédimentaires longshore de la côte ouest du Cotentin. Il semble impossible que des sédiments sableux puissent transiter de part et d'autre de ce cap compte tenu de l'avancée en mer qu'il représente.

Au nord de Saint-Pair, les transits de sédiments parallèles à la côte sont peu intenses. Ils portent vers le Sud. Pour toute la partie la plus méridionale de l'anse, les débits solides résiduels sont orientés vers le nord, sans discontinuité. Les débits solides varient notablement de Carolles à Saint-Pair. Ils sont estimés à 19 000 m<sup>3</sup> par an à Edenville. Les débits minimum sont observés au centre de l'anse, entre Jullouville et le lieu-dit "Les Sapins". Ils sont compris entre 6 et 9 000 m<sup>3</sup> par an. Ces mouvements s'intensifient progressivement vers le nord, avec 15 000 m<sup>3</sup> à Kairon-plage et 31 000 m<sup>3</sup> par an à la pointe du Thar. A cet endroit, la flèche sableuse orientée vers le nord est en conformité avec la direction des transports sédimentaires calculés.

L'embouchure du Thar, contrairement aux autres estuaires de la côte ouest du Cotentin n'apparaît pas comme une discontinuité, faisant obstacle sur les hautes plages aux transports sédimentaires. Il n'y a pas de convergence de la dérive littorale vers cette embouchure.

- Entre Champeaux et le Bec d'Andaine, les conditions hydrodynamiques sont différentes de celles observées plus au nord. Ce secteur de côte appartient au domaine de la Grande Baie du Mont-Saint-Michel.

- Le cap de Champeaux ne constitue pas un obstacle majeur à la circulation sédimentaire le long de la côte. Il y a une continuité sédimentaire de la couverture sédimentaire de Carolles à Saint-Jean-le-Thomas-le-Thomas. L'estran rocheux autour du cap est peu étendu.

Les transports sédimentaires le long de cette côte sont unidirectionnels et orientés vers le S et le SSE. Ils se concentrent le long de la côte progressivement en direction de la baie du Mont-Saint-Michel à cause de la présence, de plus en plus marquée, des chenaux de marée à l'approche du Bec d'Andaine.

Au droit du camping de Saint-Jean-le-Thomas, les débits annuels sont d'environ 6 000 m<sup>3</sup> vers le sud.

Au sud du camping de Saint-Jean-le-Thomas-le-Thomas, les débits solides sont de l'ordre de 20 à 22 000 m<sup>3</sup> par an. Ces mouvements s'atténuent quand l'orientation du trait de côte se rapproche d'un axe N-S.

A l'extrémité recourbée du Bec d'Andaine, le débit annuel est de 10 500 m<sup>3</sup> par an environ. Compte tenu du volumes des apports plus à l'amont, le Bec d'Andaine constitue bien une zone de sédimentation, avec un dépôt, selon les endroits, de 8 000 à 12 000 m<sup>3</sup> par an. Cette estimation ne tient pas compte des fuites éventuelles vers le système estuarien plus interne de la Baie et de la reprise du matériel par les courants de jusant vers le NW.

4.3) La délimitation des cellules côtières de circulation sédimentaire longshore sur la partie supérieure des estrans

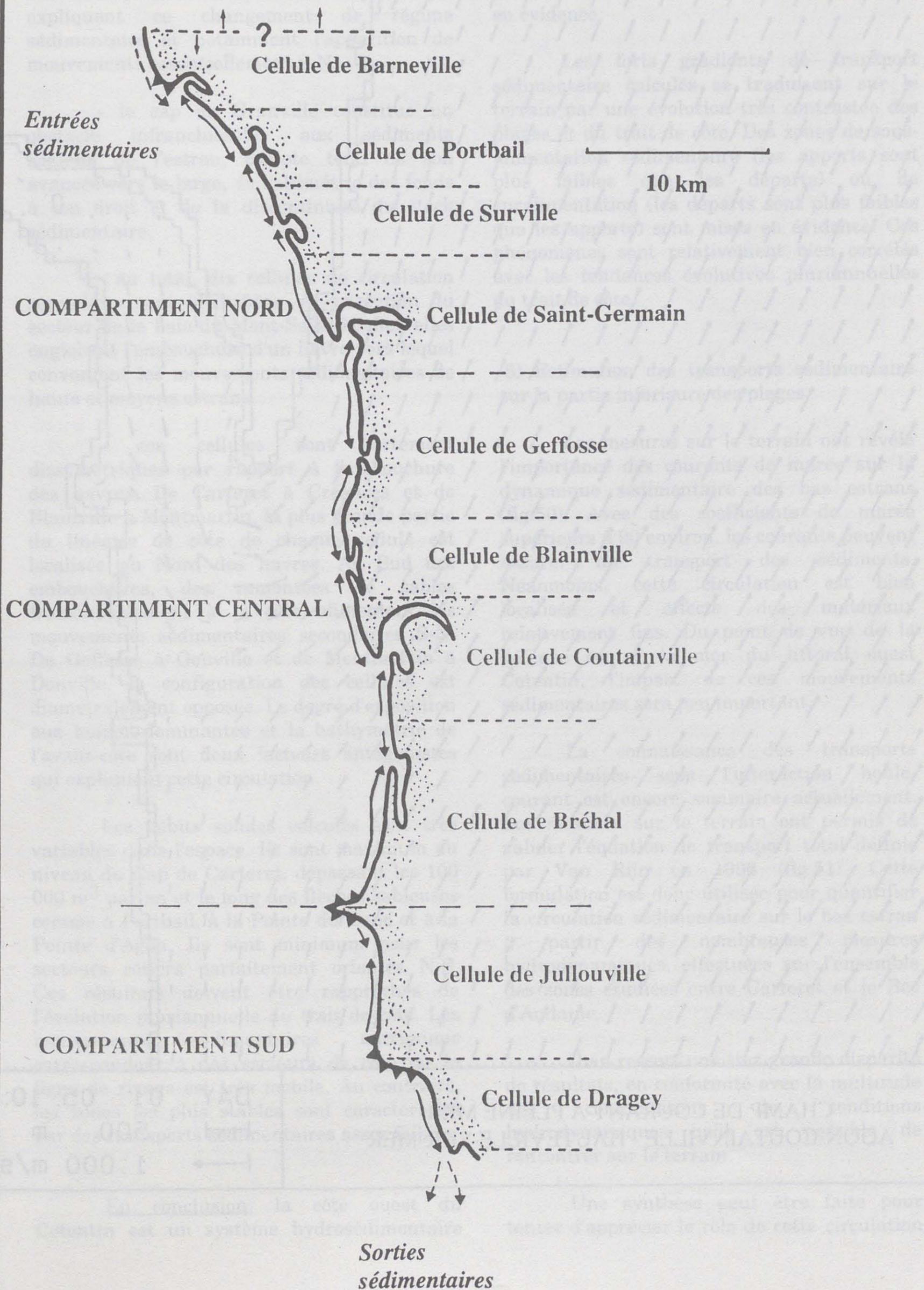
La modélisation de la circulation sédimentaire le long de la côte ouest du Cotentin entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine permet de mettre en évidence (fig.49):

- l'existence de trois principaux compartiments sédimentaires, respectivement entre le Cap de Carteret et le Havre de Lessay, entre Créances et le Roc de Granville et entre Granville et le bec d'Andaine.

- la frontière du compartiment nord est ouverte au niveau de Carteret avec une alimentation sédimentaire en provenance de la plage d'Hatainville, située immédiatement au Nord. Les transports de sédiments sont majoritairement unidirectionnels, vers le SE, sous l'influence des houles d'ouest.

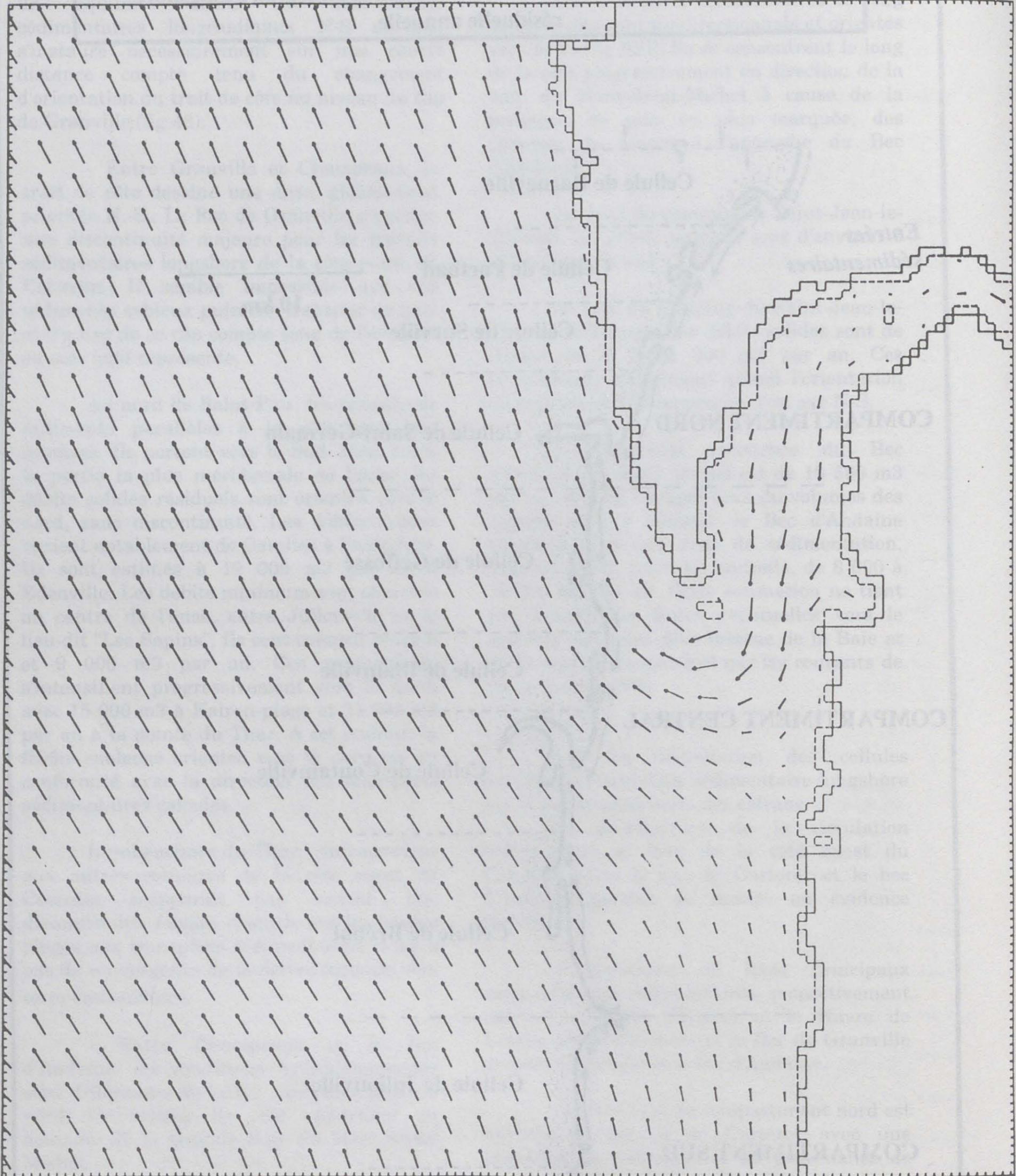
- la frontière entre les compartiments nord et sud, au Nord de Pirou, est probablement ouverte. Mais les échanges

**DELIMITATION DES CELLULES SEDIMENTAIRES  
DE LA CÔTE OUEST DU COTENTIN**  
à partir de la modelisation de la circulation sédimentaire longshore  
résiduelle annuelle



**Figure 49**

Figure 50



CHAMP DE COURANT A PLEINE MER  
AGON-COUTAINVILLE - HAUTEVILLE-SUR-MER

DAY: 01 05: 10: 00

— 500 m

→ 1.000 m/s

sableux doivent y être relativement restreints. Le changement d'orientation du tracé général de la côte explique l'existence de cette frontière. Plus au Sud, les flux longshore sont moins organisés. La décroissance de l'énergie des houles et la complexité bathymétrique expliquent ce changement de régime sédimentaire et notamment l'apparition de mouvements essentiellement S-N.

- le cap de Granville constitue un obstacle infranchissable aux sédiments sableux de l'estran, compte tenu de son avancée vers le large, de l'altimétrie des fonds à son droit et de la discontinuité du stock sédimentaire.

- au total, dix cellules de circulation secondaire sont identifiées. A l'exception du secteur de la baie du Mont-Saint-Michel, elles englobent l'embouchure d'un havre vers lequel convergent les mouvements sédimentaires de hauts et moyens estrans.

- ces cellules sont fortement dissymétriques par rapport à l'embouchure des havres. De Carteret à Créances et de Blainville à Montmartin, la plus grande partie du linéaire de côte de chaque cellule est localisée au Nord des havres. Au Sud des embouchures, des remontées de sables transversalement à la côte alimentent les mouvements sédimentaires secondaires S-N. De Geffosse à Gouville et de Montmartin à Donville, la configuration des cellules est diamétralement opposée. Le degré d'exposition aux houles dominantes et la bathymétrie de l'avant-côte sont deux facteurs antagonistes qui expliquent cette circulation.

Les débits solides calculés sont très variables dans l'espace. Ils sont maximum au niveau du Cap de Carteret, dépassant les 100 000 m<sup>3</sup> par an et le long des flèches sableuses comme à Portbail, à la Pointe du Banc et à la Pointe d'Agon. Ils sont minimum pour les secteurs côtiers parfaitement orientés N-S. Ces résultats doivent être rapprochés de l'évolution pluriannuelle du trait de côte. Les mouvements sédimentaires maximums correspondent à des secteurs de côte où la ligne de rivage est très mobile. Au contraire, les zones les plus stables sont caractérisées par des transports sédimentaires assez faibles.

En conclusion, la côte ouest du Cotentin est un système hydrosédimentaire

complexe composé de multiples sous-systèmes ouverts à différentes échelles.

L'orientation du trait de côte et les conditions générales d'agitation permettent d'expliquer le fonctionnement des unités mises en évidence.

Les forts gradients de transport sédimentaire calculés se traduisent sur le terrain par une évolution très contrastée des plages et du trait de côte. Des zones de sous-alimentation sédimentaire (les apports sont plus faibles que les départs) ou de suralimentation (les départs sont plus faibles que les apports) sont mises en évidence. Ces phénomènes sont relativement bien corrélés avec les tendances évolutives pluriannuelles du trait de côte.

#### 5) Estimation des transports sédimentaire sur la partie inférieure des plages

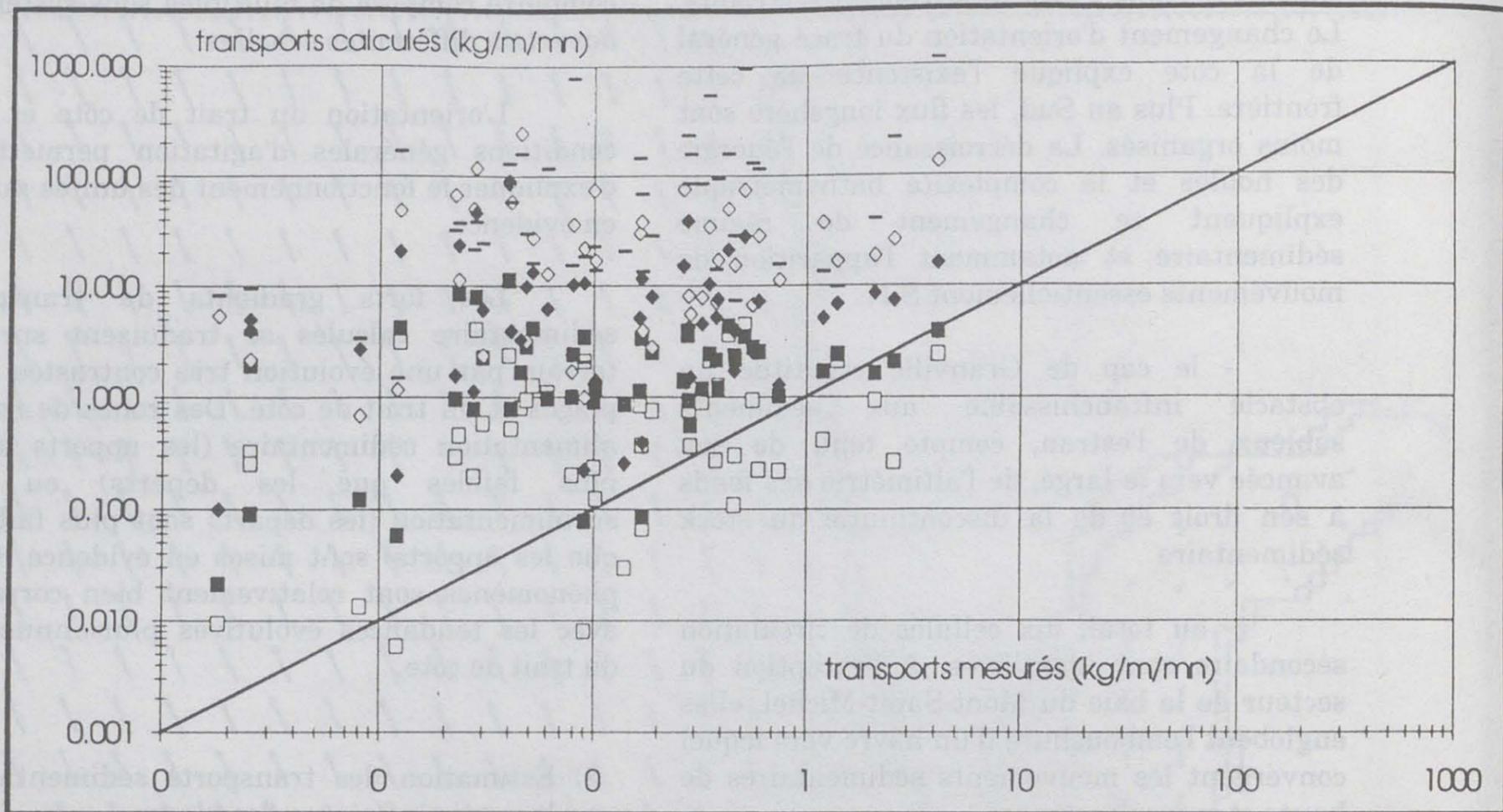
Les mesures sur le terrain ont révélé l'importance des courants de marée sur la dynamique sédimentaire des bas estrans (fig.50). Avec des coefficients de marée supérieurs à 90 environ, les courants peuvent assurer un transport des sédiments. Néanmoins, cette circulation est bien localisée et affecte des matériaux relativement fins. Du point de vue de la défense contre la mer du littoral ouest Cotentin, l'impact de ces mouvements sédimentaires sera peu important.

La connaissance des transports sédimentaires sous l'interaction houle-courant est encore sommaire actuellement. Les mesures sur le terrain ont permis de valider l'équation de transport total définie par Van Rijn en 1990 (fig.51). Cette formulation est donc utilisée pour quantifier la circulation sédimentaire sur le bas estran à partir des nombreuses mesures hydrodynamiques, effectuées sur l'ensemble des zones étudiées entre Carteret et le Bec d'Andaine.

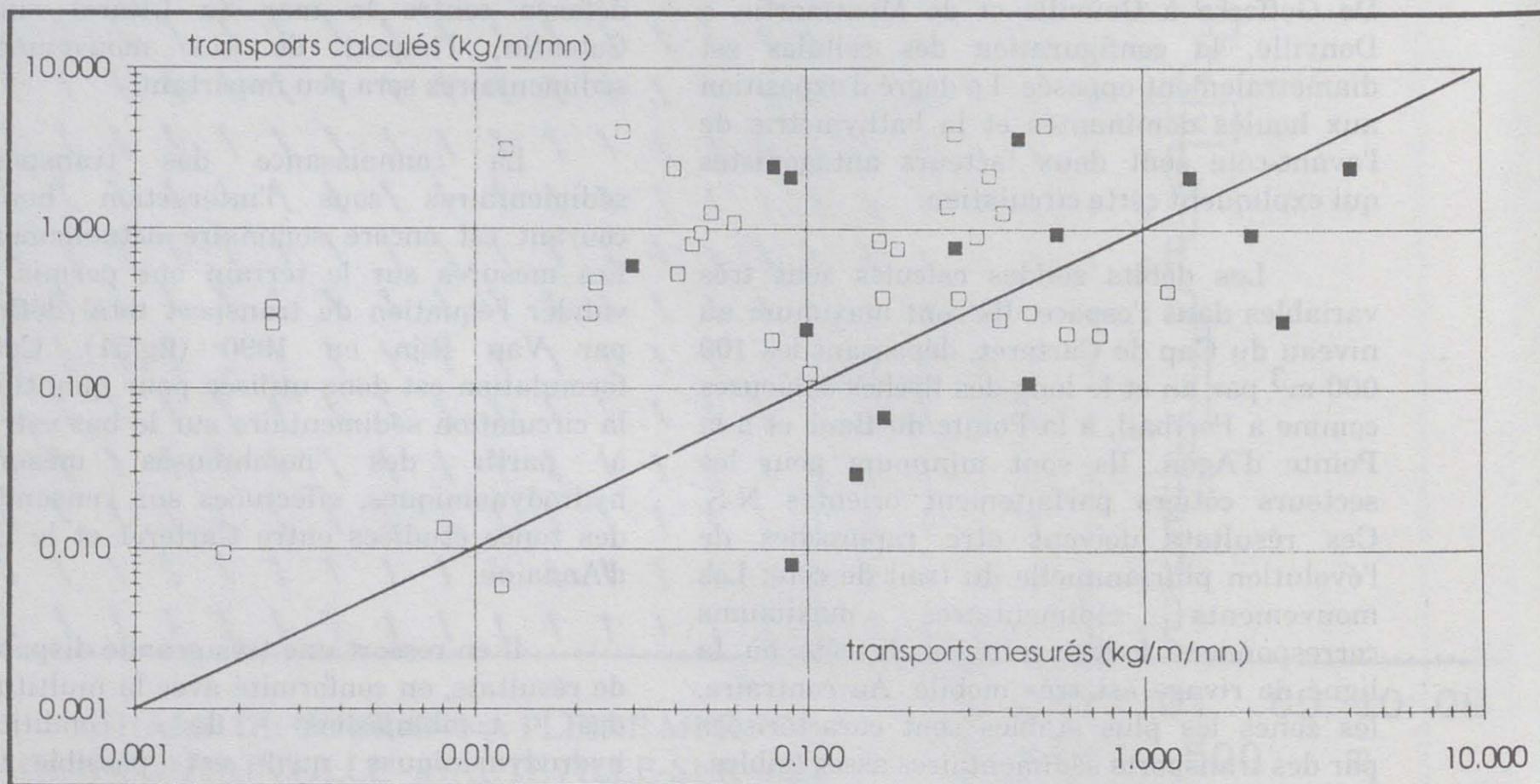
Il en ressort une très grande disparité de résultats, en conformité avec la multitude des combinaisons de conditions hydrodynamiques qu'il est possible de rencontrer sur le terrain.

Une synthèse peut être faite pour tenter d'apprécier le rôle de cette circulation

Figure 51



- Formule de Van Rijn
- Formule de Frijlink et Bijker
- ◇ Formule de Engelund, Hansen et Swart
- ◆ Formule de Ackers et White
- Formule de Grant et Madsen.



- Pièges multidirectionnels
- Traceurs fluorescents.

sédimentaire sur l'équilibre hydrosédimentaire de la côte ouest du Cotentin.

Du point de vue de la direction des transports, dans de nombreux cas, le flux sédimentaire simulé est orienté vers le nord. Malgré l'agitation, les courants de marée, dont les vitesses maximales portent au nord, sont fondamentaux pour expliquer les mouvements sableux sur les bas estrans. Les sédiments sont remis en suspension par la houle et subissent le déplacement moyen de la masse d'eau. Dans les situations où les courants de marée sont faibles, le mouvement peut être orienté suivant une composante transversale à la côte. La direction résiduelle du transport est alors liée aux caractéristiques de la houle, et notamment à sa cambrure et à son asymétrie.

Pour des vitesses moyennes de courant à pleine mer inférieures à 0,3 m/s, les débits solides varient de 0,025 kg/m.mn, avec une agitation inférieure à 0,5 m à environ 0,175 kg/m.mn, pour des agitations supérieures à 1 m. Dans ces conditions, des échanges sédimentaires transversaux peuvent être mis en évidence, mais les volumes sédimentaires en jeu, sont relativement faibles. Pour les houles peu cambrées une alimentation de la moyenne plage est observée.

Avec des courants compris entre 0,3 et 0,6 m/s, les débits solides moyens varient :

- pour des houles de 0,1 à 0,5 m, de 0,014 à 0,2 kg/m.mn ;

- pour des houles de 0,5 à 1 m, de 0,1 à 0,55 kg/m.mn ;

- pour des houles supérieures à 1m, de 0,4 à 2 kg/m.mn.

Dans des conditions de forts courants, comme cela s'observe en grande marée, les débits varient :

- pour des houles de 0,1 à 0,5 m, de 0,35 à 5,5 kg/m.mn ;

- pour des houles de 0,5 à 1m, de 0,28 à 1,5 kg/m.mn ;

- pour des houles supérieures à 1m, de 2,6 à 12 kg/m.mn.

Les directions de transport sont, pour des courants supérieures à 0,3 m/s, pratiquement toujours orientées vers le quadrant nord. En fonction de l'intensité des houles, la composante perpendiculaire à la côte est plus ou moins importante. Une alimentation indirecte de la moyenne plage peut donc se produire, d'autant plus qu'elle sera favorisée par le passage de la zone de déferlement, au flot et au jusant.

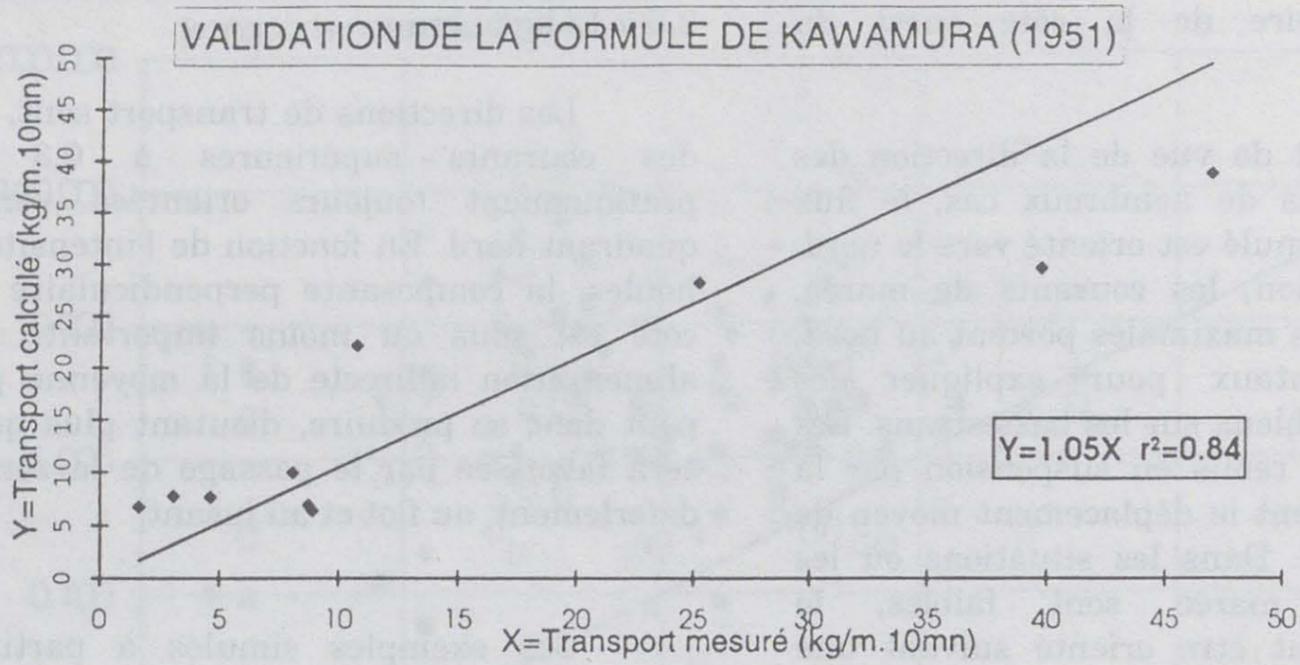
Ces exemples simulés à partir de conditions hydrodynamiques réelles permettent d'apprécier les ordres de grandeur des transports sédimentaires sous l'interaction houle et courant. Cependant, il est nécessaire de ne pas oublier les imprécisions qui pèsent sur la formulation de Van Rijn, notamment pour l'estimation des charriages dans le cas de faibles transports.

L'extrapolation de ces résultats à des débits solides résiduels annuels ne peut pas être approchée de manière réaliste pour l'ensemble des estrans de la côte ouest du Cotentin. Une des premières incertitudes, qui pèse sur ce type de calcul, concerne la largeur sur laquelle s'effectue le transport, et notamment sa limite vers le large. Celle-ci est variable à chaque moment de la marée et pour chaque type de conditions hydrodynamiques. De plus, la présence de platiers, très développés sur la côte ouest du Cotentin, tendrait à surestimer les débits car l'absence de disponibilité sédimentaire au point de calcul aboutirait à un débit solide irréaliste.

Cependant, les expérimentations de traceurs radioactifs, suivies pendant plus de six mois et intégrant aussi bien l'action des courants de marée et des houles, permettent d'apprécier les ordres de grandeur des transports sédimentaires dans ces conditions. Les taux de transports sédimentaires moyens sont de l'ordre de 0,05 à 0,08 m<sup>3</sup>/ml/j sur la basse plage de Saint-Germain-sur-Ay. Ils atteignent 0,3 m<sup>3</sup>/ml/j sur la basse plage d'Armanville.

En considérant, un transport affectant une largeur de plage d'une centaine de mètres à Saint-Germain-sur-Ay, le débit moyen serait de 2 à 3 000 m<sup>3</sup> par an. A

Figure 52



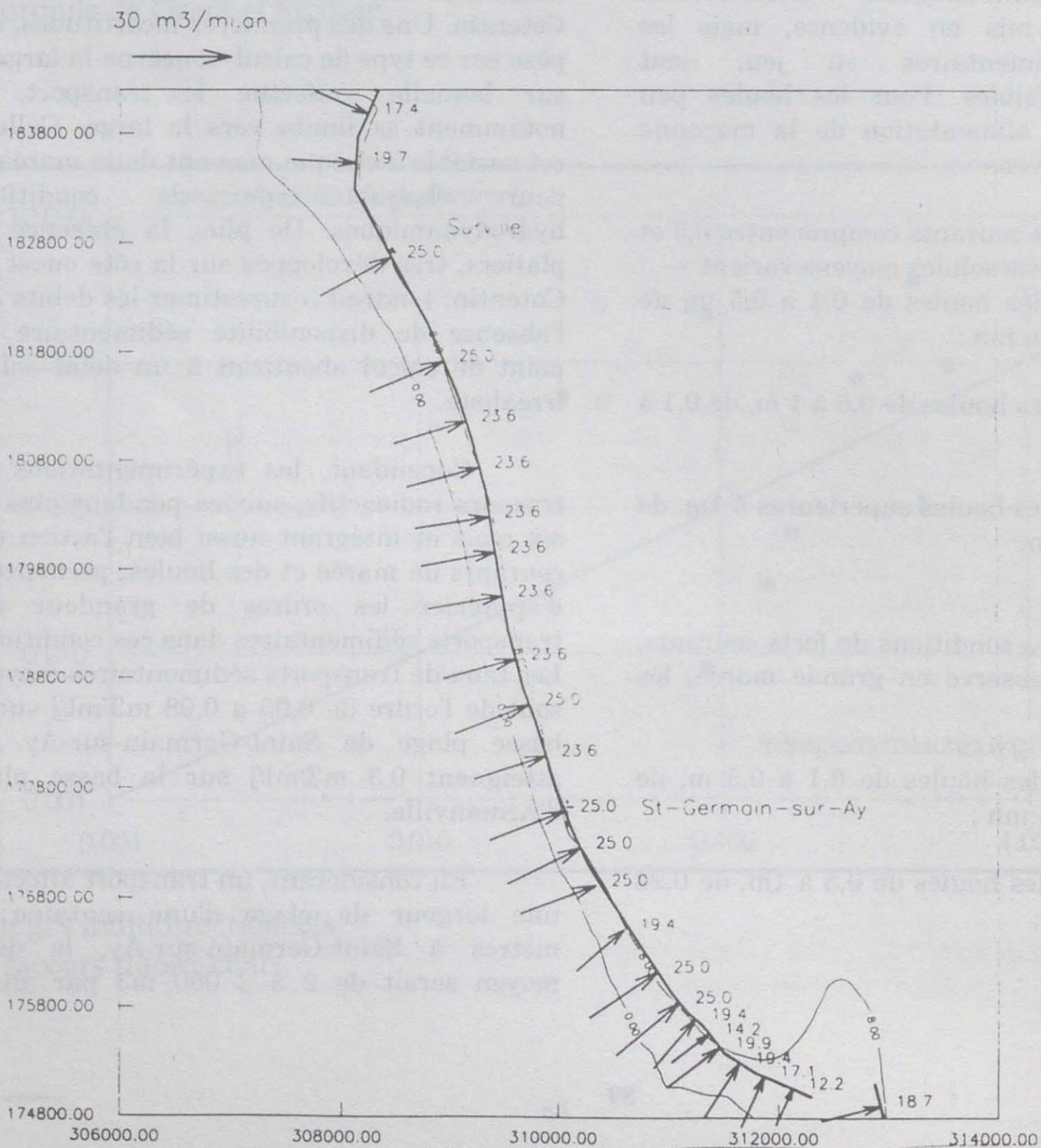
$$Q = K \left( \frac{\rho_a}{g} \right) (u_* + u_{*c})^2 (u_* - u_{*c})$$

- Q : taux de transport
- K : coefficient empirique
- $u_*$  : vitesse de frottement
- $u_{*c}$  : vitesse seuil de déflation
- $\rho_a$  : densité de l'air

Figure 53

**DEBITS SOLIDES EOLIENS**

Zone : Surville / Saint-Germain-sur-Ay



Armanville, l'estran sableux est beaucoup plus large. Il n'y a pas de platier comme au nord du havre de Lessay. Les débits seraient alors d'environ 11 000 m<sup>3</sup> par an vers le nord pour 100 m de largeur de plage. Ce débit est probablement surestimé, car les calculs réalisés pour la basse plage de Portbail, à l'aide de la formule de Van Rijn, en intégrant des statistiques de houles issues du site des Trois Grunes, donneraient un transit de 13 000 m<sup>3</sup>. Ce transport est nécessairement surestimé, car les houles sur la basse plage de Portbail sont fortement atténuées par rapport à celles mesurées au Trois Grunes. Un ordre de grandeur de 2 à 3 000 m<sup>3</sup> par an semble plus réaliste, comme cela a été observé à Saint-Germain-sur-Ay.

## 6) Les transports sédimentaires éoliens

L'équation de Kawamura (1951) constitue une des bases numériques pour la quantification des débits solides éoliens. Elle intègre comme paramètres physiques principaux la granulométrie du sable et la vitesse du vent.

Des mesures de calage effectuées sur la côte ouest du Cotentin ont permis de vérifier la validité de cette formule (fig.52).

Les calculs ont été réalisés pour des sables secs et bien triés.

Les données granulométriques retenues ont été collectées, lors des campagnes de mesures, sur les hautes et moyennes plages, au niveau des 103 profils répartis sur l'ensemble de la côte.

Des normales météorologiques ont été établies par traitements statistiques des fichiers de données tri-horaires sur la vitesse et la direction du vent, aux sémaphores de Carteret et de Granville. Elles donnent les fréquences par classe de vitesse réduite et par direction tous les 20 degrés.

L'ensemble de la côte est sectionnée en segments d'orientation et de granulométrie homogènes.

A chaque segment de côte, un taux linéaire de transport annuel est associé. Il correspond à la somme des taux linéaires calculés pour chaque direction et chaque

classe de vitesse de vent multipliées par leur fréquence annuelle d'apparition (fig.53).

Les résultats doivent faire l'objet d'une interprétation basée sur les facteurs influençant le taux de transport et qui sont quantitativement difficiles à prendre en compte dans les calculs :

- la représentativité des mesures de vitesse de vent aux sémaphores ;

- le rôle de l'humidité de l'air et de la teneur en eau du sable ;

- la qualité du stock de sédiment soumis à la déflation, notamment son hétérogénéité ;

- la largeur de l'estran et la morphologie de la plage.

La figure 54 présente l'ensemble des débits solides éoliens calculés pour le secteur d'études. Au total sur la zone d'étude, les transports éoliens potentiels atteindraient 1 million de m<sup>3</sup> par an, soit en moyenne 18,8 m<sup>3</sup>/ml.

Sur l'ensemble de la côte, les calculs surestiment sans doute les apports éoliens réels vers la dune. La quantification de l'humidité et son intégration quantitative dans le calcul constitue la difficulté principale pour une précision accrue.

Les zones aux transports réels les plus importants sont localisées au niveau des flèches sableuses. Les potentialités maximales de transport se rencontrent entre Saint-Jean-le-Thomas et le Bec d'Andaine.

Il faut dissocier les apports éoliens en provenance de la plage et la croissance effective de la dune. Ils constituent le terme positif du budget sédimentaire. En phase de stabilité du trait de côte, les apports éoliens, mêmes très importants, sont repris à la dune lors des tempêtes. Les conditions hydrodynamiques influencent les potentialités de déflation sur l'estran, mais aussi la valorisation des apports sur le versant marin de la dune. Ainsi, malgré des apports éoliens théoriques modérés (11.5 m<sup>3</sup>/ml.an), la dune de Carteret a beaucoup progressé, la quasi totalité des apports n'étant

pas repris par le mer. Au sud de Saint-Jean-le-Thomas, malgré des conditions de déflation favorables et des apports théoriques élevés de l'ordre de 27 m<sup>3</sup>/ml.an, la dune recule.

Figure 54 : Transports éoliens potentiels théoriques sur la côte Ouest du Cotentin

SECTEURS DUNAIRES	LINEAIRE (m)	TAUX LINEAIRE (m <sup>3</sup> /ml.an)	TOTAL ANNUEL (m <sup>3</sup> )
Flèche de Barneville	1319	23.4	30842
- Barneville sud - Portbail nord	4416	20.2	89330
Lindbergh - plage	1184	24.4	28930
St Lô D'Ourville - Denneville nord	669	25.8	17266
Denneville - St Rémy des Landes	1443	25.7	37145
Surville - Rochemont	4808	23.3	112175
Rochemont - St Germain sur Ay nord	1414	23.9	33830
St Germain sur Ay - pointe du Banc	2839	19.7	56053
Créances - Fortin	2796	13.1	36589
Fortin - Pirou	2796	11.8	32864
Pirou - Geffosse nord	2798	19.2	53740
Geffosse - Anneville nord	530	14.6	7741
Anneville - Blainville nord	6933	15.4	106949
Blainville - Coutainville nord	995	17.1	17058
Coutainville Sud - Pointe d'Agon	3892	20.4	79407
Montmartin - Hauteville nord	2401	15.4	36987
Hauteville - Lingreville	3699	21.6	79892
La Vanlée - St Martin de Bréhal nord	2776	12.4	34416
St Martin de Bréha. - Camping de Bréville	2781	13.8	38342
Camping de Bréville - Les Chardons Bleus	411	17.5	7182
Les Chardons Bleus - Donville	311	15.5	4826
La pointe du Thar	592	13.0	7688
Dunes de Jullouville nord	862	15.8	13611
Dune de Jullouville sud	294	11.6	3421
Carolles sud	102	11.6	1185
St Jean le Thomas - bec d'Andaine	5151	23.5	121136

Figure 55 Carte de localisation des zones de calcul de la masse des blocs d'enrochement:



**E/ ELEMENTS DE DEFINITION D'UNE POLITIQUE  
GLOBALE D'AMENAGEMENT DE PROTECTION  
CONTRE LA MER**

## E) ELEMENTS DE DEFINITION D'UNE POLITIQUE GLOBALE D'AMENAGEMENT DE PROTECTION CONTRE LA MER (Rapport XI)

### 1) LES CRITERES TECHNIQUES D'AMENAGEMENT PRECONISES

Les **mesures sur le terrain et les travaux de modélisation** réalisés dans le cadre de l'étude globale de défense contre la mer apportent des **données de base indispensables** pour optimiser le dimensionnement des ouvrages de défense contre la mer de la côte ouest du Cotentin.

Après avoir retenu un **type de protection** en fonction de la dynamique de l'environnement hydrosédimentaire, de la nature et de la valeur des biens potentiellement menacés, les aménagements à mettre en place sont définis par rapport à **des conditions hydrodynamiques de projet**.

Différentes variantes de dimensionnement peuvent être proposées. Leur coût global est mis en parallèle de la valeur des biens menacés pour apprécier leur opportunité.

#### 1.1) Principaux critères de dimensionnement des ouvrages de protection contre la mer longitudinaux

##### 1.1.1) Le niveau du plan d'eau retenu:

En accord avec les hypothèses prises en compte pour la réalisation des cartes de risque de submersion sur la côte ouest du Cotentin, le niveau du plan d'eau statique le plus élevé retenu a été extrapolé pour une **période de retour centennale**. Les valeurs prises en compte sont +7,93 m IGN 69 à Granville, +8,39 m à la Pointe d'Agon et +7,28 m à Portbail. Ces niveaux de référence correspondent à la **conjonction d'une marée de coefficient 110 et d'une surcote annuelle**.

Le **second plan d'eau retenu** correspond à la moyenne des niveaux les plus élevés observés annuellement sur une série chronologique de 30 ans, pour le site de Granville. Ce plan d'eau est **proche du coefficient de marée 120 théorique**.

##### 1.1.2) La hauteur des houles

Afin d'apprécier les caractéristiques des vagues sur les zones de projet, la **houle de projet a été propagée à l'aide d'un modèle numérique, des sites de mesures sur l'avant-côte jusque sur les plages** ouest-Cotentin. Les conditions suivantes ont été retenues pour ces calculs:

- un plan d'eau de période de retour annuelle pour une H 1/10 décennale;

- un plan d'eau de période de retour centennale pour une H 1/10 trentennale;

- une période significative de 8 s, associée aux plus fortes amplitudes au large,

- une direction de propagation de 270 °.

Les caractéristiques des vagues sur l'estran ont été calculées à la cote + 4 m IGN 69. Cette altitude correspond à un niveau bas supposé pouvoir être atteint par la plage en tempête devant un ouvrage longitudinal. Cette valeur a été déduite des variations du niveau des plages observées devant les ouvrages existants de la côte ouest du Cotentin à partir des suivis topométriques réalisés. Par conséquent, par défaut, le dimensionnement des ouvrages tiendra compte d'un abaissement éventuel du niveau de la plage, ce qui est observé de manière réaliste consécutivement à la construction d'un ouvrage longitudinal.

14 zones de projet ont été initialement retenues sur les bases préalables d'une analyse des cartes de risque (fig.55). Le tableau 4 présente les hauteurs de la houle de projet calculées à la côte pour ces différentes zones.

##### 1.1.3) La durée d'action efficace de la houle

Pour la côte ouest du Cotentin, il semble raisonnable de retenir une **durée d'action efficace de la tempête de deux heures** dans les conditions extrêmes préalablement déterminées:

La durée de tempête retenue aura pour effet de légèrement surestimer le calcul de la masse des blocs composant la carapace. Cette approche permettra d'avoir une marge de sécurité par rapport à des conditions

en mètre	plan d'eau annuel et houle decennale	Plan d'eau centennal et houle trentennale
<b>ZONE 1</b>	<b>2.40</b>	<b>2.59</b>
<b>ZONE 2</b>	<b>2.35</b>	<b>2.52</b>
<b>ZONE 3</b>	<b>2.10</b>	<b>2.26</b>
<b>ZONE 4</b>	<b>2.21</b>	<b>2.39</b>
<b>ZONE 5</b>	<b>2.35</b>	<b>2.52</b>
<b>ZONE 6</b>	<b>2.78</b>	<b>2.98</b>
<b>ZONE 7</b>	<b>3</b>	<b>3.19</b>
<b>ZONE 8</b>	<b>2.83</b>	<b>3.01</b>
<b>ZONE 9</b>	<b>2.52</b>	<b>2.67</b>
<b>ZONE 10</b>	<b>3.02</b>	<b>3.25</b>
<b>ZONE 11</b>	<b>2.82</b>	<b>3.01</b>
<b>ZONE 12</b>	<b>2.80</b>	<b>2.99</b>
<b>ZONE 13</b>	<b>3.07</b>	<b>3.28</b>
<b>ZONE 14</b>	<b>2.13</b>	<b>2.29</b>

Tabl. 4: Hauteurs 1/10 des houles sur les 14 zones de projet

hydrométéorologiques véritablement exceptionnelles, notamment en cas de vents très violents et durables.

1.1.4) La hauteur de l'ouvrage et la détermination de la cote d'arase

La **méthode de détermination de la cote d'arase de l'ouvrage** retenue pour la côte ouest du Cotentin prend en compte la hauteur d'ascension des houles sur l'ouvrage de protection (phénomène de run-up). Cette valeur est définie pour chaque ouvrage à partir des données de houle à la cote +4 m IGN, de la période de houle moyenne, de la pente de l'ouvrage et de sa perméabilité. La valeur du run-up suivant une loi de probabilité de type Weibull, en fonction de la fréquence du phénomène, différentes hauteurs d'ascension des vagues sur l'ouvrage peuvent être calculées. Un choix s'avère nécessaire pour définir le dimensionnement de la cote d'arase de l'ouvrage qui cumule alors la **hauteur du plan d'eau statique de projet et la valeur du run-up**. Le run-up significatif,  $R_s$  et le run-up 10 % (probabilité de dépassement) ont été retenus pour les calculs de franchissement.

L'altitude absolue de la cote d'arase de l'ouvrage est conditionnée par le plan d'eau statique maximal considéré.

De Carteret à Saint-Germain-sur-Ay, ce niveau statique, selon les hypothèses retenues, varie de 6,94 à 7,28 m IGN. Pour Portbail, le zéro IGN 69 est égal à 5,78 m C.M.

De Créances à Lingreville, les niveaux statiques maximum varient de 7,98 à 8,39 m IGN. A la Pointe d'Agon, le zéro IGN est égal à + 6,39 m C.M.

De Saint-Martin-de-Bréhal à Saint-Jean-le-Thomas, les niveaux maximums atteignent 7,56 à environ 8 m IGN. Pour le site intermédiaire de Granville, le niveau zéro IGN est égal à 6,62 m C.M.

L'**élévation du niveau moyen de la mer prévue**, d'environ 0,6 m pour le siècle prochain, n'est **pas prise en compte** dans la détermination de la cote d'arase des ouvrages longitudinaux. Sur la durée de vie théorique des ouvrages, elle devrait être comprise entre 0,10 et 0,20 m, soit une élévation mineure par rapport aux autres grandeurs beaucoup plus variables que sont la hauteur du plan d'eau devant l'ouvrage ou la hauteur des vagues et du run-up.

1.1.5) la détermination de la profondeur d'affouillement de l'ouvrage, ds.

Pour les ouvrages de la côte ouest du Cotentin, une valeur maximale de ds égale à la hauteur de la houle  $H_s$  de projet à la cote +4 m IGN peut être retenue. Elle sera alors déduite de la hauteur  $H$  1/10 selon la loi de Rayleigh. Cependant, il est nécessaire de **considérer également l'enveloppe de fluctuations altimétriques de la haute plage devant les ouvrages existants**, notamment en appréciant les abaissements de plages consécutifs à une tempête. Les abaissements de plage suite à la tempête d'octobre 1992 peuvent être pris en compte.

#### 1.1.6) Résultats généraux

Les hauteurs de houle  $H$  1/10 calculées à la cote + 4 m environ varient de 2,3 m devant Denneville à 3,3 m devant Carolles pour une houle trentennale et un plan d'eau centennal.

Pour un plan d'eau annuel, les hauteurs  $H$  1/10 sur les plages seront très proches. Elles varient de 2,1 m à Denneville à 3,1 m à Carolles.

Le niveau du plan d'eau conditionne donc principalement l'agitation devant les ouvrages.

La figure 56 présente, pour chacune des 14 zones retenues pour la réalisation d'ouvrages ou d'aménagements de protection, la masse des blocs d'enrochement à utiliser et le run-up à prendre en compte pour le calcul de la cote d'arase de l'ouvrage. Différents cas de figure ont été sélectionnés avec:

- trois situations hydrodynamiques ;
- deux types de pente, 2/1 et 3/1 ;
- une valeur de dommage,  $S$ , de 2 et 4.

Il apparaît que les résultats sont pratiquement identiques pour un plan d'eau statique annuel et des houles trentennales ou décennales. Ce résultat confirme l'importance du niveau d'eau statique sur les caractéristiques de la houle à la côte.

**Figure 56 CALCULS : de la MASSE DES BLOCS et des RUN-UP  
en fonction du niveau du plan d'eau et de la HS 1/10.**

				Carter.	Barnev.	Denn.	Brevet.	St Ger.	Pirou	Gouvil.	Coutain.	Hautev.	SMB	Donvil.	Jull N	Jull S	St J.T
				Z.1	Z.2	Z.3	Z.4	Z.5	Z.6	Z.7	Z.8	Z.9	Z.10	Z.11	Z.12	Z.13	Z.14
Hauteur du plan d'eau (cote marine)				13.06	13.06	13.06	13.06	13.06	14.78	14.78	14.78	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55
Plan d'eau centennal / HS trentennale	Cotg = 2	M 50	S=2	2440	2300	1800	2040	2300	3350	3395	3.420	2615	4070	3450	3370	4150	1850
		M 50	S=4	1610	1515	1185	1345	1515	2210	2240	2.257	1725	2685	2275	2225	2740	1220
		RUN 10%		3.756	3.654	3.277	3.466	3.654	4.321	4.350	4.365	3.872	4.688	4.379	4.336	4.722	3.335
		RUN Signif		3.497	3.402	3.051	3.227	3.402	4.023	4.050	4.063	3.605	4.345	4.077	4.036	4.376	3.105
	Cotg = 3	M 50	S=2	1330	1250	980	1110	1250	1820	2240	2.256	1425	2215	1880	1835	2260	1010
		M 50	S=4	880	825	645	735	825	1205	1220	1.228	940	1460	1240	1215	1490	665
		RUN 10%		3.305	3.244	2.968	3.102	3.234	3.692	3.452	3.466	3.385	3.954	3.731	3.702	3.983	2.999
		RUN Signif		3.072	3.015	2.756	2.882	3.005	3.434	3.712	3.461	3.147	3.679	3.471	3.443	3.706	2.785
Hauteur du plan d'eau (cote marine)				12.72	12.72	12.72	12.72	12.72	14.37	14.37	14.37	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18	14.18
Plan d'eau annuel / HS trentennale	Cotg = 2	M 50	S=2	2075	1960	1525	1710	1850	2885	3480	3.001	2275	3580	3125	2930	3660	1640
		M 50	S=4	1360	1295	1005	1130	1220	1905	2290	1.980	1500	2360	2045	1935	2415	1085
		RUN 10%		3.495	3.408	3.045	3.205	3.321	4.046	4.090	4.118	3.640	4.451	4.191	4.075	4.495	3.147
		RUN Signif		3.254	3.172	2.835	2.984	3.092	3.766	4.394	3.834	3.388	4.144	3.902	3.793	4.184	2.930
	Cotg = 3	M 50	S=2	1120	1070	830	930	1010	1570	1890	1.633	1240	1950	1690	1595	1990	895
		M 50	S=4	740	705	550	615	665	1040	1250	1.077	820	1285	1112	1055	1315	590
		RUN 10%		3.122	3.061	2.800	2.916	2.999	3.505	3.480	3.305	3.224	3.780	3.594	3.525	3.809	2.874
		RUN Signif		2.901	2.843	2.600	2.708	2.785	3.259	3.741	3.555	2.996	3.516	3.342	3.277	3.543	2.669
Plan d'eau annuel / HS décennale	Cotg = 2	M 50	S=2	2060	1965	1525	1710	1965	2865	3900	2.978	2295	3450	2980	2910	3580	1575
		M 50	S=4	1370	1295	1005	1130	1295	1890	2580	1.965	1515	2275	1965	1920	2360	1040
		RUN 10%		3.480	3.408	3.045	3.205	3.408	4.031	4.281	4.103	3.654	4.379	4.103	4.060	4.451	3.013
		RUN Signif		3.240	3.172	2.835	2.984	3.172	3.753	4.620	3.820	3.402	4.077	3.820	3.780	4.144	2.889
	Cotg = 3	M 50	S=2	1130	1070	830	930	1070	1560	2125	1.620	1250	1880	1610	1585	1950	865
		M 50	S=4	745	705	550	615	705	1030	1400	1.070	825	1240	1065	1055	1285	575
		RUN 10%		3.122	3.061	2.800	2.916	3.061	3.495	3.625	3.545	3.234	3.731	3.545	3.525	3.780	2.842
		RUN Signif		2.901	2.843	2.600	2.708	2.843	3.249	3.896	3.296	3.005	3.471	3.296	3.277	3.516	2.639

Globalement, pour un plan d'eau centennal, une valeur S de 2 et une pente de 2/1, la masse moyenne des blocs à mettre en place varie de 1800 kg à Denneville à 4150 kg à Jullouville- Carolles. Pour une valeur de dommage égale à 4, ces valeurs sont respectivement de 1200 kg et 2800 kg.

Une réduction de la pente de l'ouvrage de 2/1 à 3/1 réduit pratiquement de moitié la masse des blocs à mettre en place. Le problème de l'emprise de l'ouvrage doit cependant être pris en considération.

En ce qui concerne les run-up, pour un plan d'eau centennal et une pente d'ouvrage de 2/1, la valeur significative varie de 3 à 4,4 m selon les sites. En retenant un run-up ayant une probabilité de dépassement de 10%, ces valeurs varient de 3,3 à 4,7 m.

Avec une pente de 3/1, le gain de hauteur de l'ouvrage varierait de 0,25 à 0,7 m en fonction des sites.

La profondeur d'affouillement en pied de l'ouvrage sera moins importante avec une pente de 3/1. Compte tenu de l'amortissement meilleur du run-up dans cette configuration de pente, la hauteur totale de la structure pourrait être réduite d'environ 1 m, voire plus sur certains sites.

Les hypothèses de dimensionnement des futurs ouvrages de protection se basent sur un niveau d'agitation plus élevé que celui pris en compte actuellement. Il permettra de réduire la fréquence des endommagements actuellement constatés, mais devra rester compatible avec le degré de vulnérabilité des biens menacés.

## 1.2) Les critères de dimensionnement des ouvrages transversaux

Compte tenu des caractéristiques des mouvements sédimentaires parallèles à la côte sur les plages de l'ouest du Cotentin, les ouvrages de protection contre la mer transversaux doivent être envisagés.

L'objectif de ces aménagements est de maintenir la partie supérieure des plages suffisamment élevée pour amortir l'énergie des houles de tempête.

### 1.2.1) La longueur des épis

En mer à marée, du fait du déplacement de la zone des brisants, une longueur minimale de 70 m est recommandée. Cependant, cette longueur doit, avant tout être déterminée par rapport au volume de la circulation sédimentaire résiduelle.

Au regard des différentes études réalisées, nous retenons que la dérive littorale résiduelle affecte principalement la partie supérieure des estrans de la côte ouest du Cotentin, entre la cote + 2,5 m IGN 69 et pratiquement le niveau des plus hautes mers.

En moyenne, 55 % du transit sédimentaire s'effectue entre les cotes +2,5 et + 4,2 m IGN 69, 31,5 % entre les cotes 4,2 et 5,7 m, 11,5 % entre les cotes 5,7 et 7 m et moins de 2% au-dessus de la cote +7.
--

Afin de ne pas bloquer la totalité du transit sédimentaire, les épis ne doivent pas s'étendre au-delà de la cote + 4 m IGN environ. En fonction de la topographie des plages, la longueur des épis sera variable. Elle couvrira essentiellement la haute plage sur une largeur de 70 à 120 m. Une extension plus importante vers le large exposerait l'extrémité des épis à des affouillements importants dus aux courants de marée intenses sur certains sites en marée de vive-eau.

### 1.2.2) la hauteur des épis

Un profil plongeant est recommandé, c'est-à-dire présentant une cote longitudinale d'arase parallèle au profil de plage.

Quand les épis doivent être implantés devant un trait de côte dunaire, il est préférable que l'enracinement de l'ouvrage ne soit pas jointif avec la dune. En effet, l'agitation due à la présence de l'ouvrage a tendance à accentuer l'érosion du trait de côte localement. L'enracinement de l'ouvrage devra présenter un replat, écrêté au niveau des plus hautes mers. L'impact de cette disposition sur le volume en transit est mineure. En effet, du fait de la marée, le débit solide résiduel longitudinal ne représente qu'une faible partie du volume des sédiments en mouvement dans la zone de déferlement (moins de 2 % au-dessus de la cote + 7 m IGN 69).

L'étude de la propagation des houles entre l'avant-côte et les plages montre, dans des conditions extrêmes, un déferlement de 2,5 m au-dessus de la plage pour une hauteur d'eau de 2 à 3 m. Dans ce type d'agitation, 80 % des transports sédimentaires se produisent sur une hauteur de 0,75 à 1,15 m par rapport au fond.

Afin de ne pas stopper complètement la dérive littorale, il est donc proposé que les épis ne dépassent pas une hauteur de 1 m par rapport au niveau moyen des fonds. Construire des épis plus élevés, conduirait à appauvrir le stock sédimentaire à l'aval-dérive et abaisser indirectement le niveau de la plage. De plus, le matériel piégé sur la partie supérieure de la tranche d'eau, du fait de sa granulométrie plus fine, serait particulièrement instable et contribuerait peu à l'élévation de la plage. Si des rechargements de sable sont envisagés, la hauteur des épis pourra être plus élevée. Elle dépendra alors du volume des apports et de leur fréquence.

L'enfoncement des fondations des épis est déterminé localement en fonction des fluctuations altimétriques du niveau de la plage par rapport à un niveau moyen de référence. Il devra être plus important si les épis sont réalisés devant un ouvrage longitudinal.

### 1.2.3) l'espacement

Pour les mers à marée, l'espacement des épis recommandé est proportionnel à l'intensité du transit et à la granulométrie de la plage. Pour la côte ouest du Cotentin, où les sédiments de haut de plage sont relativement grossiers, l'espacement des épis, E, sera défini en fonction de leur longueur, L, par la relation:

$$1.5 < E/L < 3$$

Les épis sur la côte du Cotentin devront être orientés perpendiculairement au trait de côte compte tenu de l'incidence des houles à la côte.

### 1.2.4) La structure des épis

La masse des blocs constituant la carapace est généralement identique à celle des ouvrages longitudinaux de haut de plage. La pente latérale de ce type d'ouvrage devra

être de 3/1 afin d'absorber au maximum l'énergie des vagues tout en conservant une emprise au sol acceptable.

Il est conseillé de poser la carapace en enrochement sur, respectivement de bas en haut, un géotextile, si la structure repose sur des sables, et des matériaux constituant une couche-filtre naturelle formant le noyau de l'ouvrage (moellons de 200-500 mm par exemple).

## 1.3) Les rechargements de plage

### 1.3.1) Généralités

Le rechargement des plages en sable constitue un **moyen de protection contre la mer** de plus en plus fréquemment intégré dans les politiques de défense des côtes. Cette technique de mise en dépôt de sédiments sur la partie supérieure de l'estran permet d'**amortir naturellement les houles de tempête** et donc de réduire, voire de stopper les processus d'érosion du trait de côte.

Néanmoins, afin d'**assurer la pérennité de l'aménagement**, il est indispensable de prévoir des opérations de rechargement successives pour compenser les pertes de sédiments naturellement observées. **Une véritable gestion du stock sédimentaire côtier doit être mise en place.**

### 1.3.2) Les ressources futures en sédiments

Elles seront localisées principalement **à proximité de l'embouchure des havres**. L'exploitation des structures sédimentaires subtidales ne peut être envisagée sans des études très spécifiques définissant les caractéristiques des matériaux, les volumes disponibles, l'impact d'extractions sur l'équilibre sédimentaire côtier, notamment sur la propagation des houles à la côte, les conditions techniques de prélèvements...et leurs coûts, a priori plus élevés qu'une exploitation terrestre.

Cependant, l'exploitation terrestre est également délicate à entreprendre, surtout pour des problèmes d'impacts. Il est nécessaire, pour chacun des sites où ce type d'intervention est envisagé, de préciser:

- l'estimation des volumes de sable nécessaires pour assurer une réduction de l'érosion côtière,

- la délimitation des zones d'emprunt, soit dans les chenaux d'accès au havre, sur les deltas de marée, soit sur les marges de ces structures. La distance entre la zone d'emprunt et la zone de dépôt doit être réduite du fait du coût de transport. La technique des rechargements de plage pour la côte au Sud de Granville semble plus difficile à mettre en oeuvre compte tenu de l'absence de structures sédimentaires en accrétion, à l'exception du bec d'Andaine.

- la périodicité des emprunts, tout en sachant qu'un volume critique est nécessaire en début d'opération et que l'entretien du volume de sédiments d'apport doit être régulièrement réalisé compensant les pertes naturelles liées à la circulation sédimentaire ;

- la connaissance des impacts induits par les prélèvements, notamment sur la mobilité naturelle des sables sur la plage et la stabilité du trait de côte voisin.

- la faisabilité technique de ce type de protection, en tenant compte du nombre et de la localisation des sites où ce type d'aménagement est possible. Une véritable gestion du stock sédimentaire de la côte ouest du Cotentin à l'aide d'un parc de matériels réduits, mais **opérant de manière préventive, doit donc être prévue.**

- des mesures complémentaires, notamment la **réalisation d'épis stabilisateurs des matériaux mis en dépôt**, devra être envisagée pour réduire le volume et la fréquence des opérations de maintenance.

1.3.3) Le problème des extractions de sédiments et de l'exportation du matériel en dehors du système côtier

Ces **EXTRACTIONS QUI REDUISENT LE STOCK SEDIMENTAIRE DU DOMAINE COTIER SONT EXTREMEMENT PREJUDICIALES A LA STABILITE DU TRAIT DE COTE.** Compte tenu du transit sédimentaire le long de la côte du Cotentin, une zone d'extraction sur la plage aura pour impact:

- une sous-alimentation en sable à l'aval-dérive ;

- un appel de sédiments de l'amont-dérive pour combler la zone de creusement et rétablir un équilibre longitudinal de la plage.

Dans les deux cas, une érosion de la plage se traduisant par son abaissement progressif, puis un recul du trait de côte, sont les conséquences dommageables des extractions de sédiments.

**Un arrêt complet des extractions de sédiments qui provoquent une exportation du matériel en dehors du système côtier est donc préconisé sur la côte ouest du Cotentin. L'objectif est de ne pas affaiblir le stock sédimentaire en mouvement le long de la côte, afin de contribuer à une meilleure stabilité du trait de côte et des plages.**

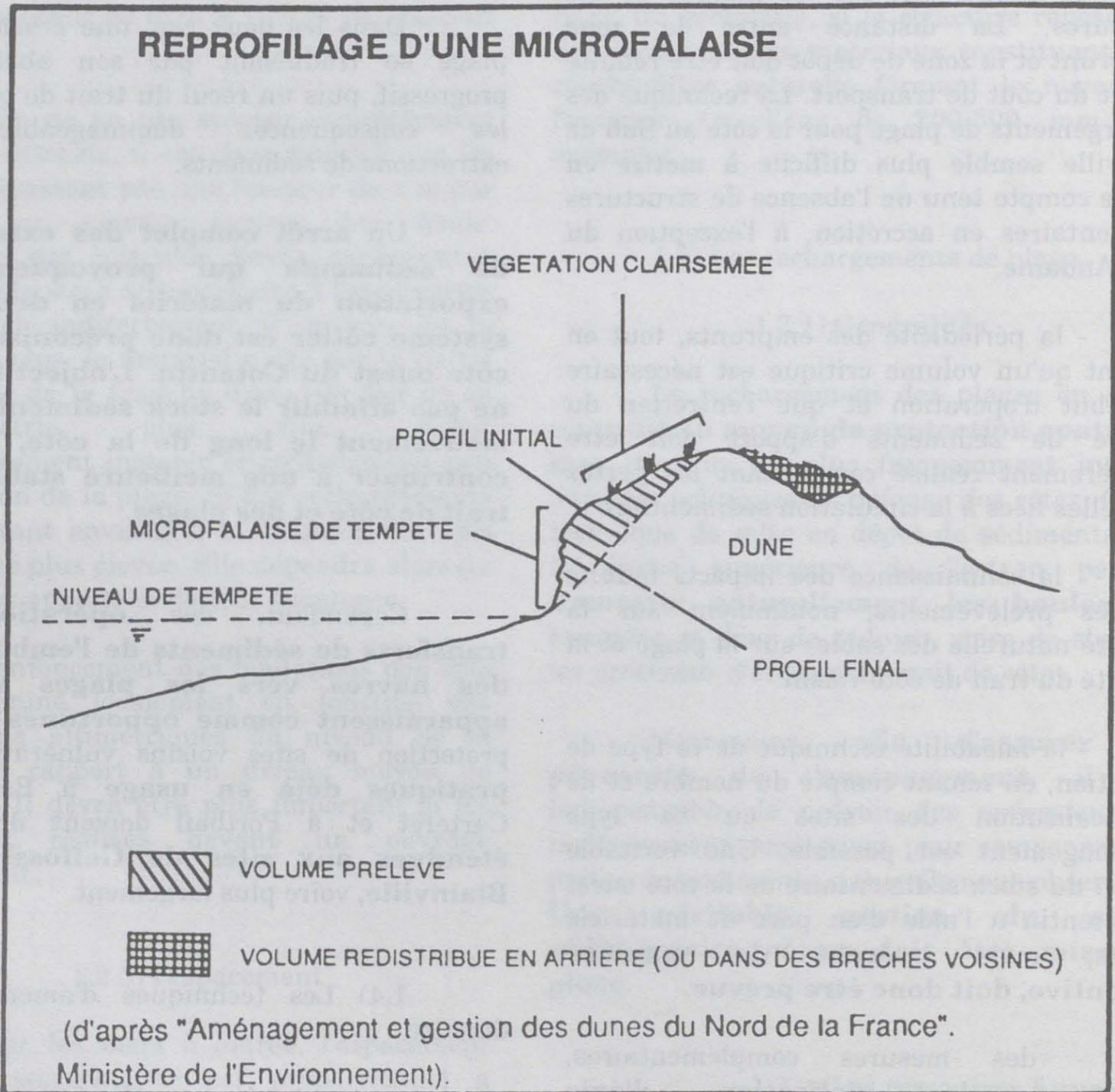
Cependant, des **opérations de transferts de sédiments de l'embouchure des havres vers les plages voisines apparaissent comme opportunes** pour la protection de sites voisins vulnérables. Les **pratiques déjà en usage** à Barneville-Carteret et à Portbail doivent donc être **étendues aux sites de Geffosse et de Blainville**, voire plus largement.

1.4) Les techniques d'aménagement dunaire

1.4.1) Le rôle tampon de la dune

La dune joue un rôle primordial dans la conservation du stock de sédiments sur les plages. Avec une constante adaptation morphologique aux conditions hydrodynamiques, la dune réagit comme une protection à géométrie variable. Les pertes de sable par érosion éolienne du bourrelet bordier participent à un déficit du stock sédimentaire global.

Figure 57



1.4.2) Les éléments de base à respecter pour la reconstitution de dunes bordières

**Le reprofilage du bourrelet bordier ne peut induire un gain de terrain sur la mer** (fig.57). Dans le meilleur des cas, la position du nouveau pied de dune correspondra à celle de l'ancien trait de côte. Elle peut même se situer légèrement en retrait. Toute tentative d'avancée directe vers la plage est vouée à l'échec.

La pente optimale du nouveau profil ne peut être donnée précisément. Les faibles pentes théoriques préconisées pour le versant marin de la dune sont souvent difficiles à obtenir. Les **profils idéaux** correspondent à des **pentés face à la mer comprises entre 10% et 30%**. Le respect de telles pentes peut, dans le cas de microfalaises supérieures à 2 m de hauteur, entraîner un recul de la crête dunaire de l'ordre de 10 m. Les conséquences d'un tel reprofilage vont perturber l'ensemble du bourrelet et nécessiter des travaux de phytostabilisation. Si possible, il est recommandé de prendre comme référence les pentes de profils d'équilibre des dunes voisines. Elles présentent souvent une granulométrie du sable et une dynamique de végétation similaires. Après reprofilage, la suppression de la végétation sur le sommet du bourrelet devra être compensée dans sa totalité par de nouvelles plantations.

Si le reprofilage du bourrelet doit être total, une plage sommitale horizontale ou légèrement inclinée vers la mer, avec une pente maximale de 5%, sera suivie d'un **versant terrestre de pente comprise entre 40% et 60%** en fonction de la taille des sables.

**Le reprofilage mécanique doit s'adapter à la réalité du site, en fonction de la hauteur de la microfalaise et de l'état de dégradation de l'ensemble du cordon.** L'obtention de pentes trop abruptes pourra être compensée, dans un premier temps, par une stabilisation artificielle en densifiant le réseau de brise-vent.

Dans le cas d'apports de **matériaux extérieurs, leurs caractéristiques doivent au maximum correspondre à celles du sable dunaire en place.** La granulométrie doit être semblable afin d'éviter les risques d'évolutions différentielles entre les zones naturelles et les zones remblayées. D'autre part, le matériau apporté doit **permettre le**

**développement de la végétation** très spécifique du bourrelet bordier.

La détermination de la position de la première ligne de brise-vent par rapport au haut de plage dépend de la dynamique dunaire. Il est communément admis qu'une **érosion moyenne pluriannuelle supérieure à 1 m/an ne permet pas d'intervenir uniquement avec des aménagements légers** pour stabiliser le trait de côte. Une intervention visant à maintenir un niveau altimétrique suffisant de la plage est préalablement nécessaire. La construction d'épis, si le transit sédimentaire est suffisant, ou le rechargement de plage sont des techniques à utiliser en complément.

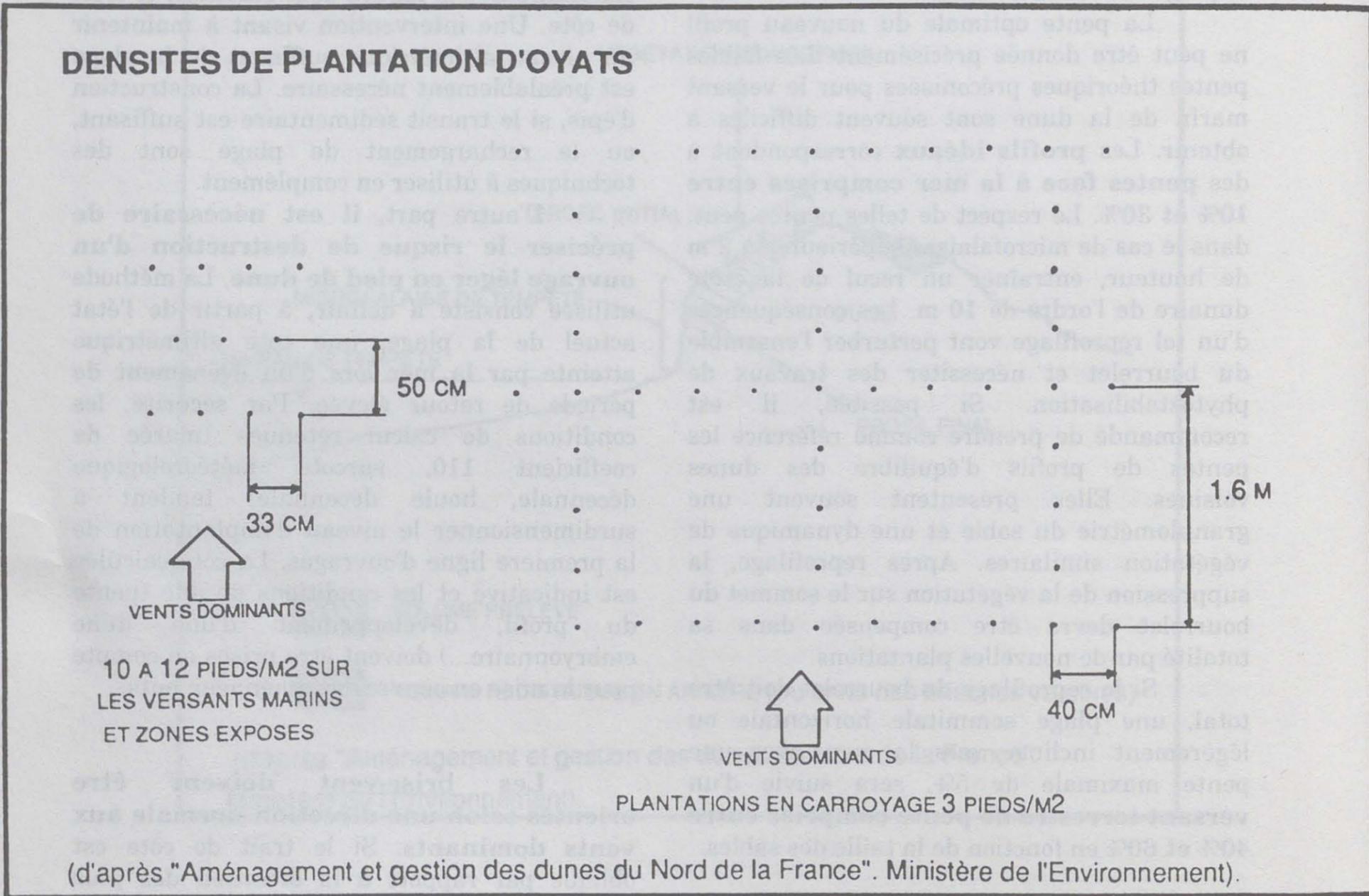
D'autre part, **il est nécessaire de préciser le risque de destruction d'un ouvrage léger en pied de dune.** La méthode utilisée consiste à définir, à partir de l'état actuel de la plage, une cote altimétrique atteinte par la mer lors d'un événement de période de retour élevée. Par sécurité, les conditions de calcul retenues (marée de coefficient 110, surcote météorologique décennale, houle décennale) tendent à surdimensionner le niveau d'implantation de la première ligne d'ouvrages. La cote calculée est indicative et les conditions de site (pente du profil, développement d'une dune embryonnaire...) doivent être prises en compte pour la mise en oeuvre des aménagements.

**Les brise-vent doivent être orientés selon une direction normale aux vents dominants.** Si le trait de côte est oblique par rapport à la direction des plus forts apports potentiels, une rangée parallèle au trait de côte pourra être complétée de lignes de brise-vent correctement placées par rapport aux vents.

Une seconde technique consiste à **réaliser des formes de caissons** entre les deux rangées de brise-vent positionnées parallèlement au trait de côte. Il faut éviter les dispositions trop complexes pouvant générer des turbulences avec des phénomènes d'affouillement aux intersections des brise-vent.

**La porosité recherchée devra au maximum approché les 50%.** En cas de substrat de haute plage particulièrement grossier ( $D_{50} > 0.5$  mm), une porosité supérieure (60-65 %) augmente le volume de

Figure 58



sédimentation. Pour une meilleure efficacité, la taille des espaces et des vides ne devra pas excéder 5 cm.

La pose de brise-vent en **réseau de lignes parallèles ne doit pas être systématique**. Par rapport à une rangée simple de ganivelles, l'augmentation de volume de sable ayant sédimenté ne justifie pas toujours la pose d'une ligne de ganivelles supplémentaire. Cependant, cette association permet surtout de **limiter les risques de reprise du volume sédimenté par vent fort** (supérieurs à 16 m/s).

Quelques éléments permettront de mieux adapter le dimensionnement du réseau aux conditions du site à aménager :

- l'augmentation de la **distance entre les lignes de brise-vent** provoque la formation d'une accumulation plus large et plus stable. Un écart inférieur à 3 fois la hauteur du premier brise-vent (H) apparaît trop réduit. Au delà de 6.5 H, les deux lignes de brise-vent fonctionnent quasiment indépendamment. **Une valeur de 4H est empiriquement conseillée ;**

- la taille relative des brise-vent influence la stabilité de l'accumulation. Il est préférable que la taille de la première rangée de brise-vent soit plus importante.

- éviter de placer la ligne juste en sommet de profil afin de limiter les risques d'affouillement. Sur des profils pentus, la pose d'une simple rangée pourra permettre, dans un premier temps, d'adoucir le profil. Dans un second temps, la pose ultérieure de deux rangées parallèles permettra de surélever le bourrelet.

Sur les zones dénudées, l'utilisation de réseaux de brise-vent au lieu d'une rangée simple, est préconisée pour la côte ouest du Cotentin, en raison de l'exposition aux vents marins puissants. De plus, les apports éoliens potentiels sont importants sur certains sites et les ensablements peuvent être particulièrement rapides.

Dans le cadre de **colmatage de brèches et de siffle-vent**, ou sur des **versants marins pentus (> 40%)**, l'utilisation de **plusieurs lignes de brise-vent** est indispensable. Les accélérations du vent sont très fortes sur les profils et la

sédimentation éolienne y est d'autant plus difficile.

Comme pour l'implantation de la première ligne d'ouvrages, des marges de sécurité doivent être respectées pour les plantations d'oyats par rapport aux niveaux de tempête. Mais la sensibilité de l'oyat aux influences marines directes (embruns, immersion) doit faire respecter une marge supplémentaire d'une dizaine de mètres au moins par rapport aux limites maximales d'affleurement du plan d'eau. Le développement des plantes vers la mer se fera ensuite naturellement.

Suite à différentes expérimentations (Pays-Bas, Danemark, Nord-Pas de Calais), il apparaît que les dates optimales de plantation se situent entre Février et Mars, au plus tard Avril.

Sur les versants marins ou les **zones particulièrement exposées** (brèches, siffle-vent), la densité de plantation conseillée est élevée, entre **10 et 12 pieds/m<sup>2</sup>** (fig.58). Pour un piégeage plus homogène du sable, un gradient de densité croissant du bas vers le haut du profil peut être respecté. Les **zones abritées** en retrait du bourrelet feront l'objet d'une plantation de densité moindre, de l'ordre de **6 à 8 pieds/m<sup>2</sup>**.

La plantation peut être réalisée de manière homogène sur l'ensemble de la surface ou sous forme de *carroyage*. Les oyats sont plantés selon une maille carrée de 1.6 m, chaque pied étant espacé de 0.4 m. Cette forme de plantation permet de réduire quasiment de moitié la densité des Oyats. Mais elle ne peut être adaptée qu'aux secteurs peu exposés aux vents violents

L'oyat est une plante nitrophile. L'influence des apports de phosphore apparaît réduite pour *Ammophila arenaria*. Mais l'apport d'azote dès la plantation favorise la reprise. La croissance foliaire étant stimulée, la plante assurera plus tôt son rôle de brise-vent et de stabilisation. Néanmoins, la fertilisation ne doit pas être systématique. D'abord pour une raison de coût, mais aussi pour limiter la contamination de la nappe phréatique, car les pertes par lessivage sont très importantes sur ce substrat particulièrement filtrant. Il est donc **souhaitable de limiter au maximum**

## **L'utilisation de fertilisants dans le milieu naturel.**

Les zones concernées par la fertilisation seront surtout les versants marins et les surfaces exposées aux vents, ainsi que les surfaces où le substrat a été complètement remanié.

La fertilisation doit être réalisée dès la plantation. Elle peut s'étaler sur deux ans. Au delà de la deuxième année, les apports azotés ont peu d'influence sur la croissance de la plante. Néanmoins, ils peuvent palier aux difficultés de reprise.

En fonction des secteurs et des conditions de reprise précitées, **l'apport sera compris entre 50 et 80 kg/ha.** Elle est réalisée à la volée, en prenant garde de ne pas piétiner les jeunes plants extrêmement sensibles.

## **2) LES PRINCIPES ET LES MOYENS TECHNIQUES DE PROTECTION PROPOSES**

**Quatre grandes orientations sont proposées pour protéger la côte ouest du département de la Manche:**

(1) **un arrêt complet des extractions de sédiments** qui engendrent une réduction du stock sédimentaire côtier. Ces pratiques sont à l'origine de très nombreux problèmes de défense contre la mer sur la côte du Cotentin.

(2) **la mise en place d'ouvrages longitudinaux de protection** dans les sites où la **vulnérabilité est immédiate et où la circulation sédimentaire de haut estran parallèle à la côte est faible.** Ce type de défense passive provoquera un abaissement irrémédiable de la plage et un recul accéléré du cordon dunaire à son extrémité. Il conviendra de parfaire la technique de l'ouvrage pour limiter les impacts liés à ce type de défense passive.

**Un contrôle, puis un confortement des digues de polders** situées au fond des havres peuvent s'avérer nécessaires à moyen terme, surtout dans la perspective d'une élévation du niveau moyen de la mer. Bien souvent, ces ouvrages anciens protègent des superficies très importantes de terrains agricoles ou urbanisés en dessous du niveau des plus hautes mers.

(3) la mise en place de **dispositifs actifs de protection**, combinant différents types d'aménagements.

La **réalisation d'épis** est particulièrement recommandée compte tenu des mouvements sédimentaires résiduels observés sur la côte du Cotentin. Leur dimensionnement sera ajusté à chaque site en fonction de leur finalité et de la dynamique sédimentaire de la zone. Ces structures, outre leur impact sur l'évolution des plages, permettent de réguler la circulation sédimentaire, voire de la bloquer pendant une période donnée. Elles affectent des secteurs de côte pouvant être éloignés du lieu de construction. Ces techniques sont donc particulièrement adaptées dans le cadre d'une approche globale.

La **pratique de rechargements de plage doit devenir systématique.** Déjà utilisée sur le secteur de côte Carteret-Portbail, celle-ci doit s'étendre à d'autres zones. Elle s'inscrit parfaitement dans la dynamique sédimentaire de la côte ouest du Cotentin qui laisse apparaître des zones où il y a une surabondance de sédiments et d'autres secteurs où il y a un déficit. Une véritable gestion du stock sédimentaire et de sa mobilité doit être mise en oeuvre. Cette pratique s'inscrit en parfaite complémentarité avec l'utilisation de batteries d'épis. De plus, elle permettra de résorber le problème de l'entretien des accès aux havres comme à Barneville-Carteret, Portbail ou de maintenir leur ouverture comme à Blainville, Geffosse, Montmartin ou Créances avec des finalités économiques diverses, parfois directement liées à la protection du littoral voisin (Créances, Montmartin) ou à la sauvegarde du patrimoine naturel.

Le **renforcement des cordons dunaires** dégradés constitue une opération de protection contre la mer à court terme dans certains cas ou à long terme dans d'autres, notamment dans le cadre d'une accélération de l'élévation du niveau moyen de la mer pour le siècle à venir. Ces pratiques ne devront pas être négligées. Souvent peu coûteuses, leur rentabilité n'est pas toujours immédiate. Cependant, ces **actions sont préventives** et s'intègrent donc parfaitement dans le cadre d'une programmation pluriannuelle de protection contre la mer.

N°	LIEUX	DESIGNATION	COÛT en KF
1	Plage de Carteret	enrochement longitudinal de 70 m	490
2	Plage de Carteret	épi en enrochement 70 à 100 m	190 à 280
3	Littoral de Barneville	confortement dunaire	470
4	Plage de Barneville	batterie d'épis	1 400
5	Plage de Barneville	digue en enrochements	7 700
6	Plage de St-Jean de la R.	épi terminal	280
7	Littoral de Portbail	confortement dunaire	360
8	Plage de Portbail	surélévation des épis	350 à 500
9	Littoral de St-Lô d'Ourville	confortement dunaire	165
10	Plage de Denneville	batteries d'épis	1 700
11	Littoral de Denneville	confortement dunaire	116
12	Plage de Bretteville-sur-Ay	digue en enrochements	6 600
13	Plage de St-Germain-sur-Ay	batterie d'épis	2 750
14	Plage de Créances	batterie d'épis	1 000
15	Plage de Pirou-Bergerie	confortement de diguettes en terre	40 à 60
16	Littoral de Pirou-Bergerie	confortement dunaire	74
17	Littoral d'Anneville-sur-mer	confortement dunaire	67
18	Plage de Gouville-sur-mer	batterie d'épis et ganivelles	1 350
19	Littoral sud de Gouville-sur-mer	confortement dunaire	151
20	Plage de Coutainville-nord	batterie d'épis et ganivelles	750
21	Plage de Coutainville-nord	digue en enrochements	6 000
22	Plage de Coutainville-centre	confortement des épis	2 000 à 3 000
23	Plage de la pointe d'Agon	batterie d'épis	1 350
24	Plage Montmartin-Hauteville	batterie d'épis	2 850
25	Havre de Regnéville	creusement d'un chenal	2 000 à 3 000
26	Littoral de Montmartin	confortement dunaire	297
27	Littoral d'Hauteville-nord	confortement dunaire	450
28	Littoral d'Hauteville-sud	confortement dunaire	85
29	Plage de St-Martin de Bréhal	batterie d'épis	1 680
30	Littoral de Bréville-sur-mer	confortement dunaire	222
31	Plage de Donville-les-Bains	digue en enrochements	4 800
32	Littoral de Donville-le-bains	confortement dunaire	615
33	Littoral de St-Pair-sur-mer	confortement dunaire	30
34	Plage de St-Pair-Kairon	batterie d'épis	2 000
35	Plage de Jullouville-Les sapins	digue en enrochements	8 040
36	Jullouville-Edenville-Carolles	confortement dunaire	215
37	Plage de St-Jean-Le-Thomas	digue en enrochements	12 000
38	Plage de St-Jean et Dragey	batterie d'épis	1 600 à 1950

Tabl. 5: Liste des opérations de protection contre la mer proposées

(4) les **mesures de type réglementaire**, non structurelles, constituent une autre solution pour éviter dans le futur une vulnérabilité accrue des zones côtières de l'ouest Cotentin vis-à-vis des risques littoraux. Sans interdire l'urbanisation, celle-ci doit respecter les lois en vigueur. Une plus grande attention doit être portée sur le développement des fronts de mer en tenant compte de la présence d'aléas ayant des degrés plus ou moins supportables pour la collectivité. A ce titre, un porté à connaissance est indispensable, de même qu'une information sur la nature des risques et la fiabilité des prévisions.

#### 2.1) Les opérations de protection proposées et leur coût

Le tableau 5 présente les différentes opérations de protection proposées, sans tenir compte de leur rentabilité et sans ordre de priorité.

La répartition des coûts pour les différents types de travaux est représentée sur la figure 59 (annexe 2).

La répartition en nombre d'opérations est représentée sur la figure 60.

En cas de dégâts imprévisibles, liés à une tempête d'occurrence exceptionnelle, des crédits spécifiques seraient probablement mis en place, comme en 1990, pour parer aux urgences. Ces dépenses ne peuvent être chiffrées. Néanmoins, le dimensionnement des ouvrages proposé devrait cependant réduire la fréquence de ces interventions par rapport à celles observées jusqu'à maintenant.

A ces travaux d'un montant total d'environ 75 MF T.T.C., il est nécessaire d'ajouter le coût des opérations de rechargement des plages en sable.

Sept sites ont été retenus:

- la plage de Barneville ;
- la plage de Portbail ;
- la plage de Denneville ;
- la plage de Gouville-sur-mer ;
- la plage de Coutainville ;
- la plage de Montmartin-Hauteville ;
- la plage de St-Pair-Kairon.

Le budget annuel proposé pour ces opérations est de 1,8 à 2,5 MF T.T.C.

Le contrôle de l'état des digues à l'intérieur de plusieurs havres est urgent afin de prendre d'éventuelles mesures qui éviteraient des submersions parfois de grande ampleur. Les principaux havres concernés sont:

- le havre de Barneville-Carteret, rive gauche ;
- le havre de Portbail, partie N et NO ;
- le havre de St-Germain-sur-Ay, partie SE ;
- l'anse du Passevin (havre de Regnéville), rive gauche ;
- le havre de la Vanlée, rive gauche ;

L'ensemble de ce programme permettra de **protéger entre 330 et 415 MF de biens actuels et futurs menacés** par l'érosion ou la submersion sur la côte ouest du Cotentin.

#### 2.2) Les mesures non structurelles de type réglementaire

La plupart des zones à risque d'érosion et de submersion sont actuellement classées en zone I ND et II ND sur les P.O.S.

Néanmoins, sur plusieurs communes des zones d'urbanisation potentielle (U, NA ou ZAC) apparaissent vulnérables à plus ou moins longue échéance et à des degrés divers. Afin de limiter la vulnérabilité future de ces zones, des mesures préventives doivent être prises.

Plusieurs instruments législatifs et réglementaires existent pour prévenir et intégrer les risques littoraux dans l'aménagement des côtes. Retenons principalement:

- le P.O.S par le biais des zonages qu'il propose ;
- le périmètre de risque pris en application de l'article R 111-3 du code de l'urbanisme ;
- les dispositions incidentes de la "loi littoral" ;

Figure 59 : Répartition des coûts des aménagements proposés

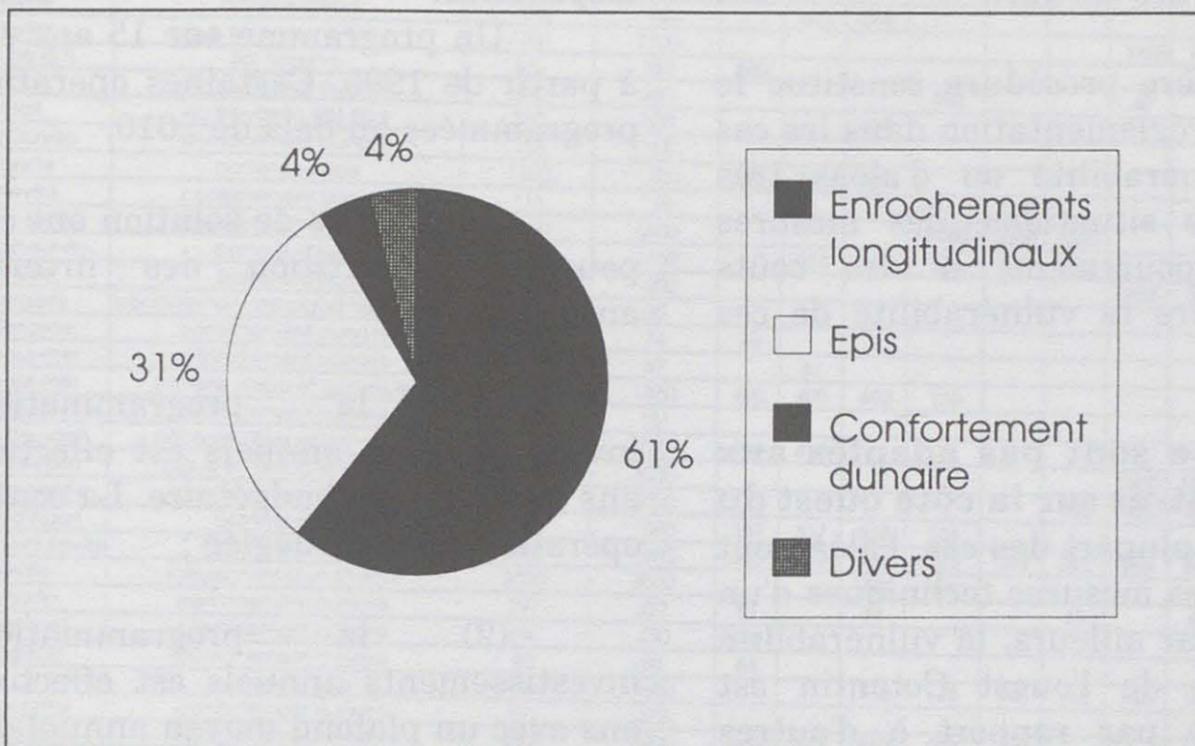
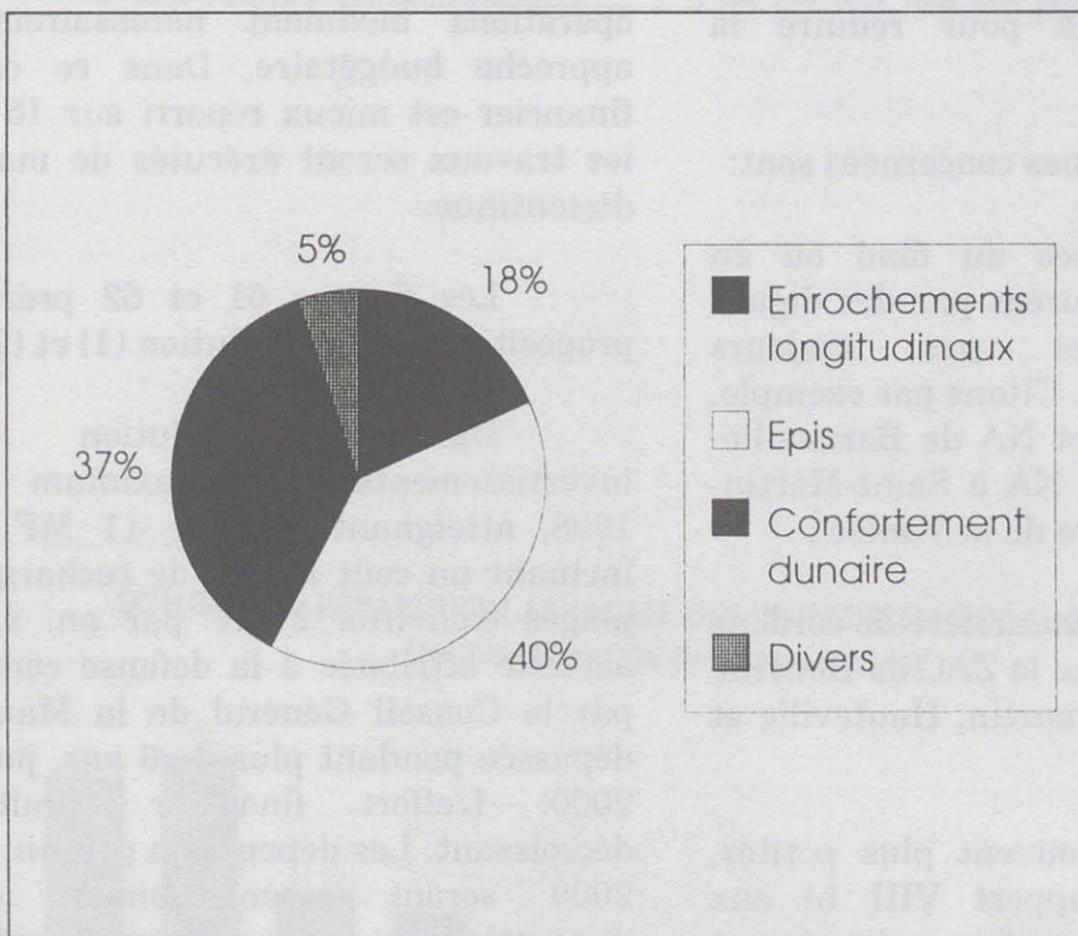


Figure 60 : Répartition des types d'aménagement proposés:



- le Plan d'Exposition aux Risques ou Plan de Prévention des Risques.

Cette dernière procédure constitue le stade ultime de la réglementation dans les cas de très forte vulnérabilité ou d'aléas très intenses. Dans ces situations, des mesures structurelles ne pourraient, à des coûts raisonnables, réduire la vulnérabilité de ces zones.

**Les PER ne sont pas adaptés aux problèmes rencontrés sur la côte ouest du Cotentin.** Dans la plupart des cas, l'aléa peut être maîtrisé par des mesures techniques d'un coût raisonnable. Par ailleurs, la vulnérabilité des zones côtières de l'ouest Cotentin est relativement faible par rapport à d'autres zones à risque françaises, où des victimes peuvent être déplorées.

Nous préconisons d'utiliser principalement sur la côte ouest du Cotentin la **réglementation du POS** et éventuellement l'utilisation de l'article R 111-3 du code de l'urbanisme pour réduire la vulnérabilité.

Les principales zones concernées sont:

- les zones basses au fond ou en bordure des havres ceinturées par des digues souvent anciennes et pas toujours correctement entretenues. Citons par exemple, les espaces en zone UC et NA de Barneville-Plage et les zones UC et NA à Saint-Martin-de-Bréhal, le long du havre de la Vanlée ;

- les zones basses en arrière de cordons dunaires en érosion comme la ZAC de Donville et les zones NA de Montmartin, Hauteville et Saint-Jean le Thomas ;

D'autres zones, souvent plus petites, ont été répertoriées (rapport VIII b) aux voisinages d'espaces parfois densément urbanisés.

2.3) Proposition d'un calendrier de réalisation

Les travaux proposés devront être programmés en fonction:

- de la vulnérabilité des biens à protéger ;

- du phasage possible des opérations en fonction du contexte hydrosédimentaire ;

- des enveloppes budgétaires disponibles.

Un programme sur 15 ans est proposé à partir de 1995. Certaines opérations seront programmées au-delà de 2010.

Deux types de solution ont été retenus pour la répartition des investissements annuels:

(1) la programmation des investissements annuels est effectuée sur 15 ans sans plafond budgétaire. La continuité des opérations est privilégiée ;

(2) la programmation des investissements annuels est effectuée sur 15 ans avec un plafond moyen annuel de dépense d'environ 7,2 MF T.T.C. Cette valeur correspond à l'enveloppe financière attribuée en 1994 pour la défense contre la mer des côtes du département de la Manche. L'investissement annuel proposé s'approchera de 7,2 MF T.T.C., sans pour autant atteindre cette valeur. Les priorités, le phasage des opérations modulent nécessairement cette approche budgétaire. Dans ce cas, l'effort financier est mieux réparti sur 15 ans, mais les travaux seront exécutés de manière plus discontinuée.

Les figures 61 et 62 présentent les propositions pour la solution (1) et (2)

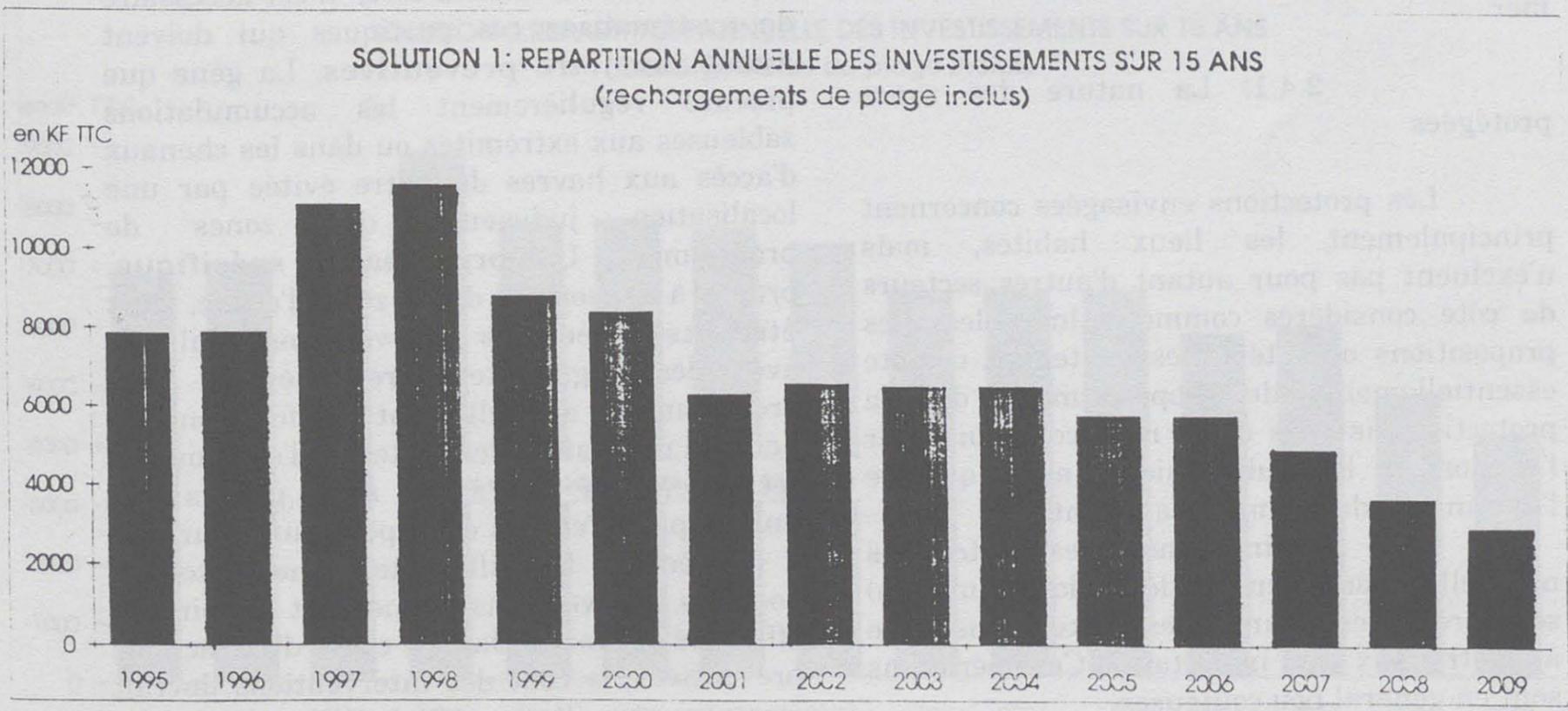
Dans la solution (1), les investissements seront maximum en 1997 et 1998, atteignant plus de 11 MF T.T.C. en incluant un coût moyen de rechargement des plages d'environ 2 MF par an. L'enveloppe actuelle attribuée à la défense contre la mer par le Conseil Général de la Manche serait dépassée pendant plus de 6 ans, jusqu'en l'an 2000. L'effort financier serait ensuite décroissant. Les dépenses à prévoir au-delà de 2009 seront essentiellement des frais d'entretien des aménagements dont la durée de vie est estimée en général à 30 ans.

Cette solution est préconisée car elle assure une continuité des réalisations sur le terrain et limite les impacts négatifs, toujours possibles, liés aux phasages des travaux même si ceux-ci ont été pris en considération.

Dans la solution (2), les dépenses sont mieux réparties sur 15 ans. L'investissement annuel serait maximum en 1998 avec un montant d'environ 8,8 MF. Il dépasserait très

Figure 61 SOLUTION 1: INVESTISSEMENTS ANNUELS SUR 15 ANS SANS PLAFOND

N°	LIEUX	DESIGNATION	COÛT en K€																	
			MINI	VAXI	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	>
1	Plage de Carteret	enrochement longitudinal de 70 m	490	490						490										
2	Plage de Carteret	épi en enrochement 70 à 100 m	190	280			280													
3	Littoral de Barneville	confortement dunaire	470	470	370			100												
4	Plage de Barneville	batterie d'épis	1400	1400		600	800													
5	Plage de Barneville	digue en enrochements *	7700	7700						1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100				
6	Plage de St-Jean de la R.	épi terminé	280	280	280															
7	Littoral de Portbail	confortement dunaire	360	360				320		40										
8	Plage de Portbail	surélévation des épis	350	500			500													
9	Littoral de St-Lô d'Ourville	confortement dunaire	165	165															165	
10	Plage de Denneville	batteries d'épis	1700	1700	565	565	570													
11	Littoral de Denneville	confortement dunaire	116	116					116											
12	Plage de Bretteville-sur-Ay	digue en enrochements	6600	6600				2200	2200	2200										
13	Plage de St-Germain-sur-Ay	batterie d'épis	2750	2750		588	588	588	588	398										
14	Plage de Créances	batterie d'épis	1000	1000							250	250	250	250						
15	Plage de Prou-Bergerie	confortement de diguettes en terre	40	60															60	
16	Littoral de Pirou-Bergerie	confortement dunaire	74	74	74															
17	Littoral d'Anneville-sur-mer	confortement dunaire	67	67		67														
18	Plage de Gouville-sur-mer	batterie d'épis et ganveles	1275	1350	400	400	400	150												
19	Littoral sud de Gouville-sur-mer	confortement dunaire	151	151														136	15	
20	Plage de Coutainville-nord	batterie d'épis et ganveles	750	750	340	410														
21	Plage de Coutainville-nord	digue en enrochements *	6000	6000						1000	1000	1000	1000	1000	1000					
22	Plage de Coutainville-centre	confortement des épis	2000	3000						300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	
23	Plage de la pointe d'Agon	batterie d'épis	1350	1350	337	337	338	338												
24	Plage de Montmartin-Hauteville	batterie d'épis	2850	2850	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285						
25	Havre de Regnéville	creusement d'un canal	2000	3000			1500	1500												
26	Littoral de Montmartin	confortement dunaire	297	297	81		91			65		60								
27	Littoral d'Hauteville-nord	confortement dunaire	450	450	450															
28	Littoral d'Hauteville-sud	confortement dunaire	85	85	85															
29	Plage de Saint-Martin de Bréhal	batterie d'épis	680	680			140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
30	Littoral de Bréville-sur-mer	confortement dunaire	222	222															222	
31	Plage de Donville-les-bains	digue en enrochements	4800	4800	960	960	960	960	960											
32	Littoral de Donville-le-bains	confortement dunaire	615	615			125	490												
33	Littoral de St-Pair-sur-mer	confortement dunaire	30	30		30														
34	Plage de St-Pair-Kairon	batterie d'épis	2000	2000							250	250	250	250	250	250	250	250	250	
35	Plage de Jullouville-Les sapins	digue en enrochements	8040	3040	1340	1340	1340	1340	1340	1340										
36	Jullouville-Edenville-Carottes	confortement dunaire	215	215	100	115														
37	Plage de St-Jean-Le-Thomas	digue en enrochements	12000	12000			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
38	Plage de St-Jean et Dragey	batterie d'épis	1600	1950	195	195	195	195	195	195	195	195	195	195						
TOTAL T.T.C			72'62	74847	5862	5892	9112	9636	6824	6413	4310	4580	4520	4520	3790	3790	2926	1690	952	60
* suivant évolution du trait de côte																				
Total TTC avec 2MF de rechargement annuel					7862	7892	11112	11606	8824	8413	6310	6580	6520	6520	5790	5790	4926	3690	2952	



légèrement le montant de l'enveloppe actuellement attribuée en 1997 et de 1999 à 2002. Les opérations de rechargement des plages sont cependant incluses dans ces coûts. Plus de 3 MF de travaux seront encore à réaliser après 2009.

Avec cette solution, les opérations sont plus fragmentées, notamment pour les gros investissements comme la réalisation d'ouvrages longitudinaux en enrochements et certaines batteries d'épis.

Il sera également nécessaire de tenir compte des autres sites à protéger sur la côte du département de la Manche, notamment sur la côte Nord et Est Cotentin. Moins menacée que la côte ouest Cotentin au Sud de Carteret, des ouvrages devront néanmoins être réalisés dans le futur. Leur programmation devra être envisagée et planifiée dans le cadre d'une politique qui recouvre l'ensemble des côtes du département.

Par ailleurs, les programmations proposées ne tiennent pas compte des opérations d'entretien des ouvrages actuels de protection contre la mer. Compte tenu de leur durée de vie, pour certains ouvrages, des opérations d'entretien seront à prévoir dans les prochaines années. Le suivi des ouvrages est indispensable pour assurer une bonne prévision budgétaire de ces travaux d'entretien.

2.4) Remarques sur la mise en oeuvre d'une politique globale de défense contre la mer

2.4.1) La nature des zones protégées

Les protections envisagées concernent principalement les lieux habités, mais n'excluent pas pour autant d'autres secteurs de côte considérés comme vulnérables. Les propositions ont été faites en tenant compte essentiellement de l'opportunité de la protection vis-à-vis de la menace induite par l'érosion et les submersions, ainsi que de l'imminence des dommages potentiels.

Dans certains zones, des protections naturelles (confortement de cordons dunaires) sont proposées comme mesure compensatoire à des travaux plus importants. Ces opérations sont en général peu coûteuses.

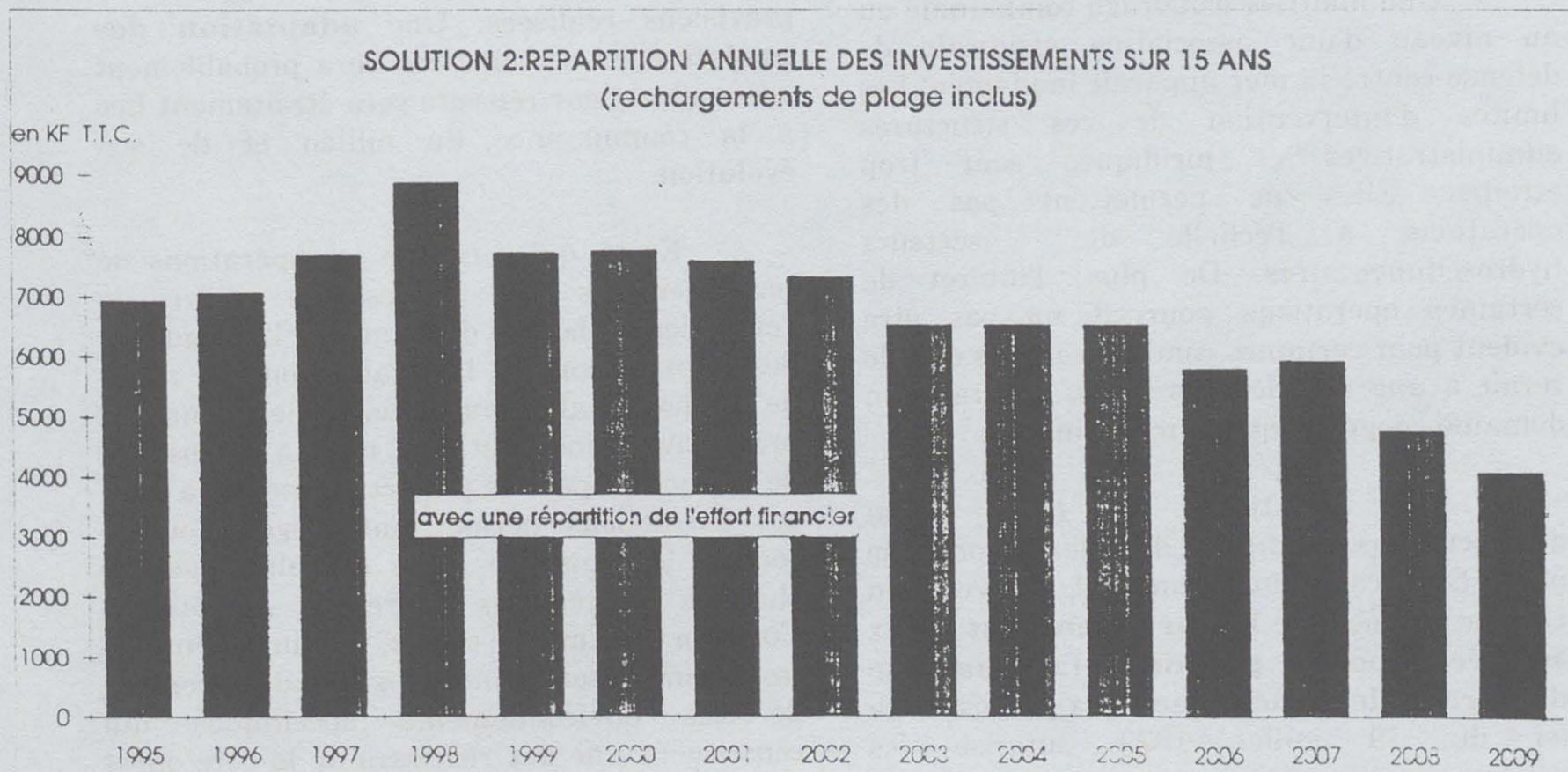
2.4.2) La nécessité d'une gestion du stock sédimentaire

L'érosion de la côte du Cotentin n'étant pas généralisée à une échelle pluridécennale, il apparaît évident que la protection future de la côte du Cotentin passe par une meilleure gestion du stock sédimentaire côtier et de sa circulation. Dans cette optique, les ouvrages de défense de type actif, modifiant les conditions hydrodynamiques pour limiter le recul du trait de côte, s'avèrent adéquats. Certaines zones vont apparaître en érosion, notamment à l'aval-dérive des batteries d'épis. Cette érosion résultera d'une évolution du milieu vers un nouvel équilibre lié à une sous-alimentation en sédiments. **Le recul de ces secteurs de côte doit être accepté** dans la mesure où celui-ci n'induit pas de dommages à des biens matériels. Ils doivent bien sûr rester à l'état naturel.

Les **transferts artificiels de sédiments**, en particulier, la réalisation de "by-passing" de part et d'autre de l'embouchure d'un havre ne font que reproduire une dynamique naturelle. Le développement économique de certains secteurs de côte, nécessitant un accès aisé et permanent à l'intérieur des havres, ne peut tolérer un fonctionnement naturel des embouchures. Afin de ne pas générer une érosion accrue du système côtier en provoquant un déficit de la masse sédimentaire par des extractions de sédiments exportés en dehors de la côte, il est nécessaire de systématiser ces pratiques qui doivent **avant tout être préventives**. La gêne que procure régulièrement les accumulations sableuses aux extrémités ou dans les chenaux d'accès aux havres doit être évitée par une localisation judicieuse des zones de prélèvements. Une **organisation spécifique**, propre à l'ensemble de la zone d'étude, **doit être instaurée**. Les interventions, réalisées avec des engins terrestres, devront être programmées annuellement en fonction des lieux de réalisation des batteries d'épis, où des rechargements en sable sont prévus. Un unique parc d'engins et d'opérateurs tournant à l'année sur les différentes zones retenues pour ces interventions permettrait d'avoir une efficacité optimale. Dans le cadre d'extractions préventives, le coût des interventions devrait être moins élevé qu'aujourd'hui car les opérations seront mieux programmées.

**Figure 62 SOLUTION 2: INVESTISSEMENTS ANNUELS SUR 15 ANS  
AVEC UN PLAFOND MOYEN DE DEPENSE (environ 7200 KF par an)**

N°	LIEUX	DESIGNATION	COUT en KF		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	>	
			MINI	MAX																	
1	Plage de Carteret	enrochement longitudinal de 70 m	490	490							490										
2	Plage de Carteret	épi en enrochement 70 à 100 m	190	280			280														
3	Littoral de Barneville	confortement dunaire	470	470	370			100													
4	Plage de Barneville	batterie d'épis	1400	1400		600	800														
5	Plage de Barneville	digue en enrochements *	7700	7700							1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100				
6	Plage de St-Jean de la R.	épi terminal	280	280	280																
7	Littoral de Portbail	confortement dunaire	360	360				320			40										
8	Plage de Portbail	surélévation des épis	350	500						500											
9	Littoral de St-Lô d'Ourville	confortement dunaire	165	165																165	
10	Plage de Denneville	batteries d'épis	1700	1700	565	565	570														
11	Littoral de Denneville	confortement dunaire	116	116							116										
12	Plage de Bretteville-sur-Ay	digue en enrochements	6600	6600				2200		2200	1100										
13	Plage de St-Germain-sur-Ay	batterie d'épis	2750	2750		588		588	588	588	398										
14	Plage de Créances	batterie d'épis	1000	1000								250	250	250	250						
15	Plage de Pirou-Bergene	confortement de aiguettes en terre	40	60																60	
16	Littoral de Pirou-Bergene	confortement dunaire	74	74		74															
17	Littoral d'Anneville-sur-mer	confortement dunaire	67	67		67															
18	Plage de Gouville-sur-mer	batterie d'épis et ganivelles	1275	1350		400		400	400	150											
19	Littoral sud de Gouville-sur-mer	confortement dunaire	151	151															136	15	
20	Plage de Coutainville-nord	batterie d'épis et ganivelles	750	750	340	410															
21	Plage de Coutainville-nord	digue en enrochements *	6000	6000								1000	1000	1000	1000	1000	1000				
22	Plage de Coutainville-centre	confortement des épis	2000	3000									300	300	300	300	300	300	300	900	
23	Plage de la pointe d'Agon	batterie d'épis	1350	1350	337	337		338	338												
24	Plage de Montmartin-Hauteville	batterie d'épis	2850	2850	285	285		285	285	285	285	285	285	285	285						
25	Havre de Regnéville	creusement d'un chenal	2000	3000			1500	1500													
26	Littoral de Montmartin	confortement dunaire	297	297	81		91			65		60									
27	Littoral d'Hauteville-nord	confortement dunaire	450	450		450															
28	Littoral d'Hauteville-sud	confortement dunaire	85	85		85															
29	Plage de Saint-Martin de Bréhal	batterie d'épis	1680	1680					140		140		140	140	140	140	140	140	140	420	
30	Littoral de Bréville-sur-mer	confortement dunaire	222	222																222	
31	Plage de Donville-les-bains	digue en enrochements	4800	4800	960	960		960	960	960											
32	Littoral de Donville-les-bains	confortement dunaire	615	615				125		490											
33	Littoral de St-Pair-sur-mer	confortement dunaire	30	30		30															
34	Plage de St-Pair-Kairon	batterie d'épis	2000	2000									250	250	250	250	250	250	250	250	
35	Plage de Jullouville-Les sapins	digue en enrochements	8040	8040	1340		1340		1340	1340	1340	1340									
36	Jullouville-Edenville-Carottes	confortement dunaire	215	215	100	115															
37	Plage de St-Jean-Le-Thomas	digue en enrochements	12000	12000			1000		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	2000	
38	Plage de St-Jean et Dragey	batterie d'épis	1600	1950	195	195		195	195	195	195	195	195	195	195						
TOTAL T.T.C.			72162	74847	4938	5076	5706	6886	5736	5783	5604	5330	4520	4520	4520	3790	3926	2790	2092	3630	
* suivant évolution du trait de côte																					
Total TTC avec un coût moyen annuel des rechargements de 2000 KF					6938	7076	7706	8886	7736	7783	7604	7330	6520	6520	6520	5790	5926	4790	4092		



### 2.4.3) Les structures de gestion adaptées à une politique globale

Les opérations de protection contre la mer proposées s'inscrivent souvent dans un cadre qui dépasse les limites administratives communales. Plusieurs exemples peuvent être rappelés:

- la stabilisation des rechargements de plage sur Barneville doit être assurée par un épi sur la commune de Saint-Jean-de-la-Rivière ;

- la réduction de l'érosion sur la côte de Créances et de Montmartin ne peut se faire qu'en construisant des ouvrages réduisant l'alimentation sédimentaire respectivement vers le Pointe du Banc et celle d'Agon ;

- la stabilisation des plages de Denneville, de Coutainville ou d'Hauteville devra être réalisée avec des matériaux venant de l'embouchure des havres respectivement situés à Portbail, Blainville ou Regnéville ;

- la stabilisation du trait de côte de Saint-Jean-le-Thomas passe nécessairement par la construction d'ouvrages sur la commune de Dragey.

Cette liste, non exhaustive, souligne le caractère global des opérations envisagées conçues dans le cadre de systèmes hydrosédimentaires.

Une maîtrise d'ouvrage communale ou au niveau d'une association syndicale de défense contre la mer apparaît inadaptée. Les limites d'intervention de ces structures administratives et juridiques sont trop étroites. Elles ne permettent pas des opérations à l'échelle de secteurs hydrosédimentaires. De plus, l'intérêt de certaines opérations pourrait ne pas être évident pour certaines communes alors qu'il le serait à une échelle plus large, couvrant un domaine géographique pluricommunal.

Des structures de type Union d'Associations Syndicales de défense contre la mer, Syndicat Intercommunal à Vocation Unique ou même **le Département** sont mieux adaptées **pour prendre la maîtrise d'ouvrage des aménagements** proposés. La loi du 10 juillet 1973 autorise les départements à exécuter et prendre en charge tous travaux **d'intérêt général**. Avec ce type

de structure, il est possible de faire abstraction des limites administratives.

Pour tirer partie de la dynamique sédimentaire d'un système côtier, il sera parfois nécessaire de financer des opérations dont certaines phases de travaux ne concernent pas des zones directement vulnérables (absence de biens). La progression des travaux se fera ensuite vers la zone menacée, pouvant être, d'ailleurs, sur une autre commune. Dans ce type de situation, il est probable que seul un niveau de maîtrise d'ouvrage départementale serait adapté.

### 2.4.4) La surveillance de l'évolution de la côte: un outil indispensable pour une programmation pluriannuelle des investissements

La programmation réalisée est basée sur une évolution passée du trait de côte observée sur environ 50 ans. Cette tendance a été extrapolée pour définir les zones à risque d'érosion et de submersion futures.

Une **programmation pluriannuelle, voire pluridécennale** des travaux de protection devra tenir compte des modifications morphologiques du trait de côte qui pourront être observées entre le moment de la conception du projet et de sa réalisation. Sur 15 ans, par exemple, celles-ci peuvent être importantes. Il est donc **indispensable de suivre l'évolution du trait de côte et de l'altimétrie des plages** pour ajuster les prévisions réalisées. Une **adaptation des projets** dans certains cas sera probablement nécessaire. Leur réussite sera étroitement liée à la connaissance du milieu et de son évolution.

En ce qui concerne les opérations de rechargements de plages, le suivi de l'évolution de la côte déterminera la fréquence des interventions et la localisation des zones de prélèvements pour avoir une démarche préventive. Ainsi, outre la mise à disposition de matériaux pour la protection contre la mer, ces extractions permettront d'éviter ou de réduire les nuisances liées au colmatage des chenaux d'accès aux havres de la côte du Cotentin. En même temps, ces interventions iront dans le sens d'une plus grande pérennité de ces environnements spécifiques qui constituent une des richesses de la côte ouest du département de la Manche.

**CONCLUSIONS GENERALES**

## CONCLUSIONS GENERALES

La côte ouest du Cotentin est soumise à l'assaut de tempêtes dévastatrices pour l'urbanisation côtière. Ce phénomène a été particulièrement observé depuis 1960. Mais, même avant cette période, des dommages ont été régulièrement signalés sur ce littoral. Les ouvrages de protection réalisés souvent au coup par coup ont permis de stabiliser les secteurs de côte les plus aménagés. Cependant, bien souvent un abaissement des plages se substitue au recul dunaire. Cette évolution constatée sur plusieurs sites protégés des côtes de la Manche, peut, à terme, mettre en péril les ouvrages de protection réalisés.

Par ailleurs, l'érosion des zones dunaires est relativement importante. Depuis la dernière guerre, environ 440 000 m<sup>2</sup> de terrain côtiers ont disparu, soit près d'un hectare par an. Cette érosion peut être de plusieurs mètres au cours d'une tempête de 2 à 3 jours. Les tempêtes de février et mars 1990 ont, par exemple, induit des reculs du trait de côte supérieurs à 10 m.

Cette érosion du trait de côte n'est cependant pas généralisée le long de la côte ouest du Cotentin. Certains secteurs sont même en accrétion à une échelle pluriannuelle. En fait, cette évolution du trait de côte très contrastée d'un site à un autre reflète la complexe dynamique des sédiments sur les plages:

- à proximité de l'embouchure des havres, l'évolution du trait de côte est très intense. Des accrétions importantes peuvent se produire à l'extrémité des flèches sableuses, alors que des phénomènes d'érosion particulièrement importants sont observés au débouché des estuaires sous l'influence de la divagation des rivières.

- entre les havres, l'évolution du trait de côte est de moindre importance et souvent beaucoup plus régulière dans le temps.

Les causes de cette évolution sont liées à la circulation des sédiments sur les plages et en particulier sur la partie supérieure des estrans. Globalement, les matériaux circulent parallèlement à la côte la plupart du temps. Sur les basses plages, une circulation de faible ampleur est observée en direction du Nord ou

du NNW. Sur les moyennes et hautes plages, des zones de convergence sédimentaires centrées sur l'embouchure des havres ont été déterminées. Le long de la côte ouest du Cotentin, la circulation des sédiments sur cette partie de l'estran est principalement N-S. Des inversions sont constatées localement au Sud de l'embouchure des havres entre Carteret et Hauteville-sur-mer et s'instituent plus franchement entre Lingreville et Donville et entre St Pair et Jullouville. Cette circulation détermine des secteurs de plage où les matériaux ont tendance à s'accumuler et d'autres où les sédiments ont tendance à disparaître. Très souvent, dans le premier cas, le trait de côte est en accrétion et dans le second cas, des phénomènes d'érosion sont constatés.

Ces résultats mettent en évidence, à une échelle de quelques dizaines d'années, que ce n'est pas l'élévation du niveau moyen des mers qui contrôle l'évolution du trait de côte. La prise en compte de la dynamique des sédiments est, dans le cas présent, primordiale.

Le rôle de l'homme est également essentiel pour expliquer l'évolution passée de la côte ouest du Cotentin et en particulier les phénomènes d'érosion constatés. Depuis la dernière guerre, environ 3,5 à 4 millions de m<sup>3</sup> de sédiments ont été extraits et soustraits du système côtier. Ce volume correspond, en moyenne, à un emprunt irrémédiable de 70 000 m<sup>3</sup> de sables par an, soit un taux pratiquement toujours supérieur au volume de sédiments transporté annuellement par la mer sur les plages. L'érosion de certains secteurs de côte ou des plages est donc directement liée à ces extractions.

Aujourd'hui, sur la totalité de la côtes du département de la Manche, environ 570 à 700 M.F. sont menacés, soit par l'érosion, soit par des submersions dans les 100 prochaines années. Il convient, cependant, de distinguer les biens existants des biens futurs, par définition, non encore construits. A ce titre, 170 à 245 M.F. seraient vulnérables si l'urbanisation dans le futur se déroule conformément aux Plans d'Occupation des Sols actuels.

Sur la côte Ouest du Cotentin, 330 à 415 M.F. de biens existants et futurs sont vulnérables. De plus, ces estimations ne tiennent pas compte d'effets indirects, non

monétisables, comme la perte d'un patrimoine naturel qui draine une fréquentation touristique.

Il est par conséquent nécessaire de protéger les zones vulnérables, où l'intensité de l'aléa - érosion ou submersion- associée à la valeur des biens menacés, justifie une intervention, tout en évitant des préjudices induits aux zones limitrophes.

La connaissance acquise du fonctionnement hydrosédimentaire de la côte ouest du Cotentin constitue une base fondamentale pour optimiser les aménagements de protection contre la mer. La connaissance des transports sédimentaires sur les plages est une donnée de base pour définir le type d'ouvrages à mettre en place. L'évaluation des caractéristiques de la houle est également fondamentale pour dimensionner au mieux les enrochements constituant les aménagements.

Cependant, du fait de la mobilité des sédiments le long de la côte et de certains impératifs économiques, notamment le maintien de l'accès à l'intérieur de certains havres abritant des ports, une gestion du matériel sédimentaire doit également être mise en place. Dans la plupart des cas, elle remplacera avantageusement le fonctionnement naturel du milieu côtier, évitant une aggravation des phénomènes d'érosion.

Aucune solution de protection n'étant universelle, sur de nombreux sites, une conjugaison de différentes techniques de défense contre la mer s'avère nécessaire. Des rechargements de plage seront alors associés à des ouvrages en enrochements longitudinaux existants ou transversaux à construire. Dans certains cas, le confortement des cordons dunaires constitue également un aménagement de protection contre la mer.

Au total, 38 interventions sont préconisées le long de la côte ouest du Cotentin entre le cap de Carteret et le bec d'Andaine. Le montant total des travaux de protection est estimé à 75 M.F. T.T.C. avec, en complément, 1,8 à 2,5 M.F. par an pour les opérations de rechargement des plages en sable. La répartition de l'investissement a été prévue sur une base de 15 années.

En parallèle de ces mesures, un contrôle de l'état des digues de polders s'avère important dans le futur pour éviter des catastrophes comme celle de Barneville-Carteret en février 1974 où plus de 150 maisons furent inondées.

La protection de la côte ouest du Cotentin ne peut s'arrêter à des mesures structurelles. Un effort de prévention doit être réalisé pour résorber la vulnérabilité future. 170 à 245 M.F. de pertes potentielles seront mis en jeu dans l'avenir. Des mesures réglementaires s'imposent par le biais des P.O.S. Appliquées, elles limiteront les investissements futurs en matière de protection contre la mer.

La mise en oeuvre d'une politique globale de protection contre la mer sur des entités géographiques homogènes qui s'affranchissent des limites administratives passe par une structure de gestion adéquate. A ce titre, le cadre communal s'avère inadapté. Une maîtrise d'ouvrage nouvelle est nécessaire. Les solutions de protection proposées couvrant souvent plusieurs communes, le niveau décisionnel doit impérativement pouvoir intervenir sur des zones géographiques au moins égal à la dimension d'un système hydrosédimentaire.

Le programme d'études réalisé sur la côte ouest du Cotentin a permis de recouvrir à la fois les aspects économiques liés à l'aménagement du littoral, les aspects environnementaux caractérisant le milieu naturel et les aspects techniques aboutissant à la définition de mesures de protection concrètes. Il constitue les fondements d'une politique globale de protection contre la mer qui nécessite dorénavant une mise en forme nouvelle, permettant une programmation des investissements optimisée et justifiée à une échelle pluriannuelle.

La mise en application de cette politique devra reposer sur le suivi de l'évolution future de la côte ouest du Cotentin afin d'ajuster les prévisions réalisées, de contrôler les impacts des aménagements nouveaux et de corriger éventuellement le calendrier des opérations prioritaires en fonction de la prise en compte de nouvelles opérations sur les autres secteurs côtiers du département de la Manche.

# ANNEXE I

## LISTE DES RAPPORTS D'ETUDE GLOBALE CONCERNANT LA DEFENSE CONTRE LA MER

### ANNEXES

# ANNEXE 1

## LISTE DES RAPPORTS DE L'ETUDE GLOBALE CONCERNANT LA DEFENSE CONTRE LA MER

Année	Titre du rapport	Volume	Date
1992	Rapport I	1	05/1992
1992	Rapport II	1	01/1992
1992	Rapport III	3	03/1992
1992	Rapport IV	1	12/1992
1992	Rapport V	4	10/1992
1992	Rapport VI	5	10/1992
1992	Rapport VII	1	10/1992
1992	Rapport VIII	9	01/1992
1992	Rapport VIII bis	1	10/1992
1992	Rapport IX	1	10/1992
1992	Rapport IX bis	1	10/1992

Rapport	Intitulé :	Date :
<b>Rapport Ia</b>	Synthèse bibliographique.	01/1990
<b>Rapport Ib</b>	Annexes du Rapport Ia.	01/1990
<b>Rapport II</b>	Programmes de mesure des paramètres dynamiques et de l'évolution des systèmes sédimentaires.	01/1990
<b>Rapport III</b>	Les tempêtes de Janvier et Février 1990 : Observations, suivis d'évolution et remarques concernant la défense contre la mer de la Côte Ouest du Cotentin.	03/1990
<b>Rapport IV</b>	Compte rendu d'avancement : Evolution du trait de côte dans le Nord Cotentin. Evaluation des risques de submersion des côtes du département de la Manche (1 <sup>ère</sup> partie). Présentation du matériel de mesure in situ (1 <sup>ère</sup> partie).	12/1990
<b>Rapport V</b>	Les ouvrages et aménagements de défense contre la mer de la Côte Ouest du Cotentin. Présentation et évaluation de leur efficacité et de leurs impacts.	10/1991
<b>Rapport VI</b>	Evaluation des potentialités de reconstitution dunaire sur la Côte Ouest du Cotentin.	10/1991
<b>Rapport VII</b>	Evolution historique de la Côte Ouest du Cotentin. Evolution prévisionnelle et définition des zones submersibles de la côte du département de la Manche.	10/1991
<b>Annexes au rapport VII</b>	Carte des aléas. Zonage des risques d'érosion littorale et de submersion marine.	10/1991
<b>Rapport VIII</b>	Etude de la vulnérabilité des côtes du département de la Manche, vis à vis des risques d'érosion et de submersion.	01/1992
<b>Rapport VIII bis</b>	Etude de la vulnérabilité des côtes du département de la Manche, vis à vis des risques d'érosion et de submersion. Evaluation des biens futurs.	10/1992
<b>Rapport IX</b>	Rapport d'interprétation des mesures de terrain: - Interprétation des campagnes de mesure - Analyse des mesures de houle - Evolution du trait de côte - Evolution des profils de plage	09/1993

<b>Annexe au rapport IX</b>	<b>Volume 1</b> Résultats des campagnes de terrain de Janvier à Avril 1991: - secteur de Barneville / Carteret - secteur de Portbail / Saint Lô d'Ourville - secteur de Gouville / Coutainville Nord	05/1992
<b>Annexe au rapport IX</b>	<b>Volume 2</b> Résultats des campagnes de terrain de Mai à Septembre 1991: - secteur de Coutainville / Hauteville - secteur de Saint Germain sur Ay / Créances - secteur de Lingreville / Saint Martin de Bréhal	05/1992
<b>Annexe au rapport IX</b>	<b>Volume 3</b> Résultats des campagnes de terrain de Octobre 1991 à Janvier 1992: - secteur de Saint Pair sur Mer / Jullouville - secteur de Saint Germain sur Ay / Créances - secteur de Saint Jean le Thomas / Dragey - secteur de Pirou / Anneville sur Mer	09/1992
<b>Annexe au rapport IX</b>	<b>Volume 4</b> Résultats des campagnes de terrain de Février à Avril 1992: - secteur de Denneville / Surville - secteur de Gouville / Coutainville Nord - secteur de Barneville/Carteret	09/1992
<b>Annexe au rapport IX</b>	<b>Volume 5</b> Résultats des campagnes de terrain de Septembre à Décembre 1992: - secteur de Portbail / Saint Lô d'Ourville - secteur de Saint Pair sur Mer / Jullouville - secteur de Pirou / Anneville sur Mer	01/1993
<b>Annexe au rapport IX</b>	<b>Volume 6</b> Résultats des campagnes de terrain de Janvier à Mai 1993: - secteur de Saint Jean le Thomas / Dragey - secteur Breville sur Mer / Donville les Bains - secteur de Denneville / Surville	06/1993
<b>Rapport X</b>	Modélisation des conditions hydrodynamiques et des transports sédimentaires sur les plages de la Côte Ouest du Cotentin.	12/1993
<b>Rapport XI</b>	Proposition d'un programme de travaux de protection contre la mer le cadre d'une politique globale d'aménagement.	04/1994

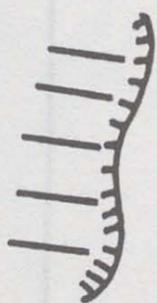
## ANNEXE 2

# LOCALISATION DES OPERATIONS DE PROTECTION CONTRE LA MER PROPOSEES

**LEGENDE DES "CARTES D'AMENAGEMENTS PROPOSES"**



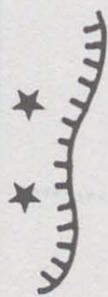
**Ouvrage en enrochement longitudinal construit en appui sur le trait de côte.**



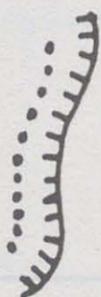
**Batterie d'épis.**



**Zones de prélèvement de sédiment pour rechargement de plage.**



**Zones de rechargement.**

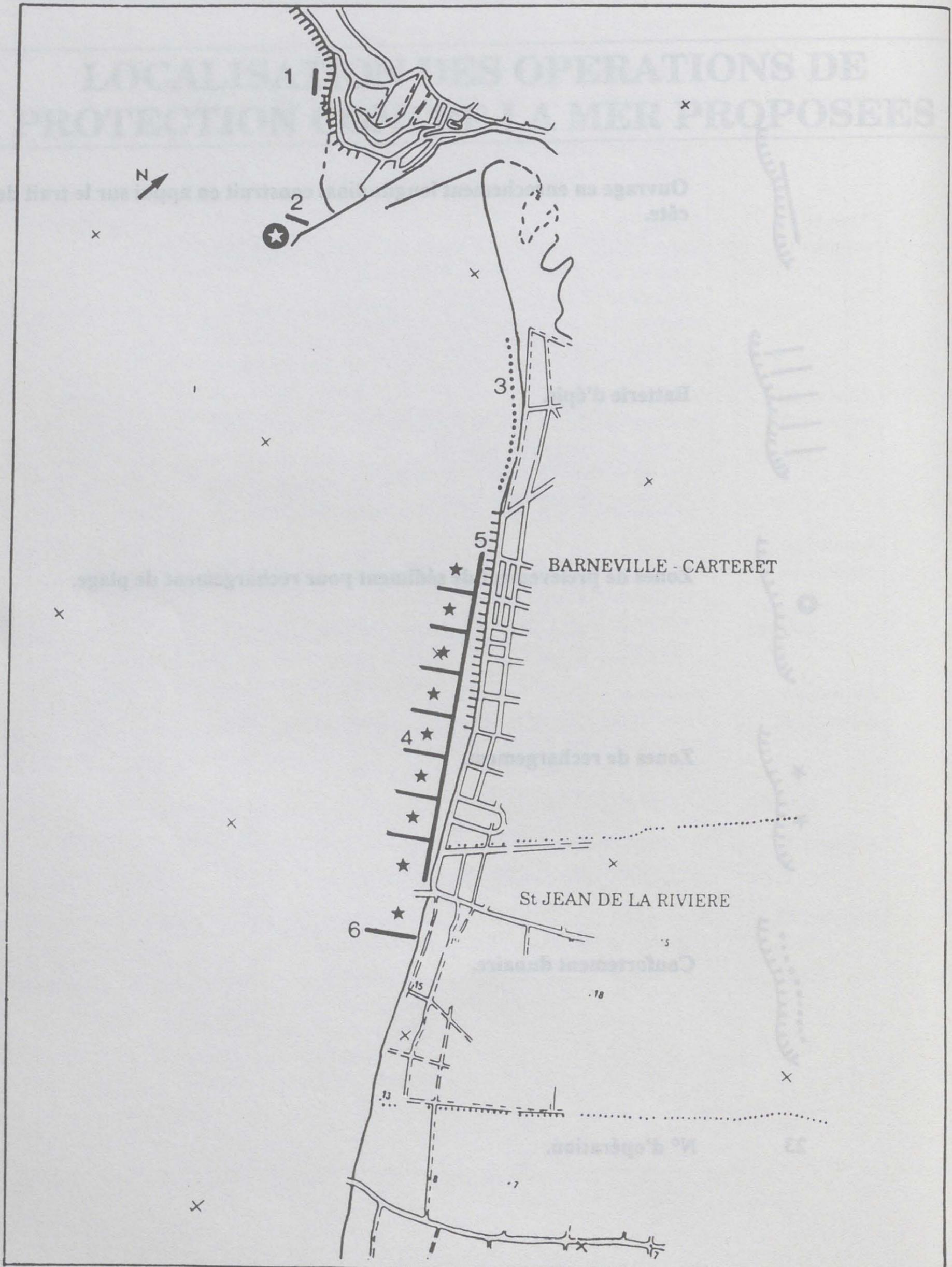


**Confortement dunaire.**

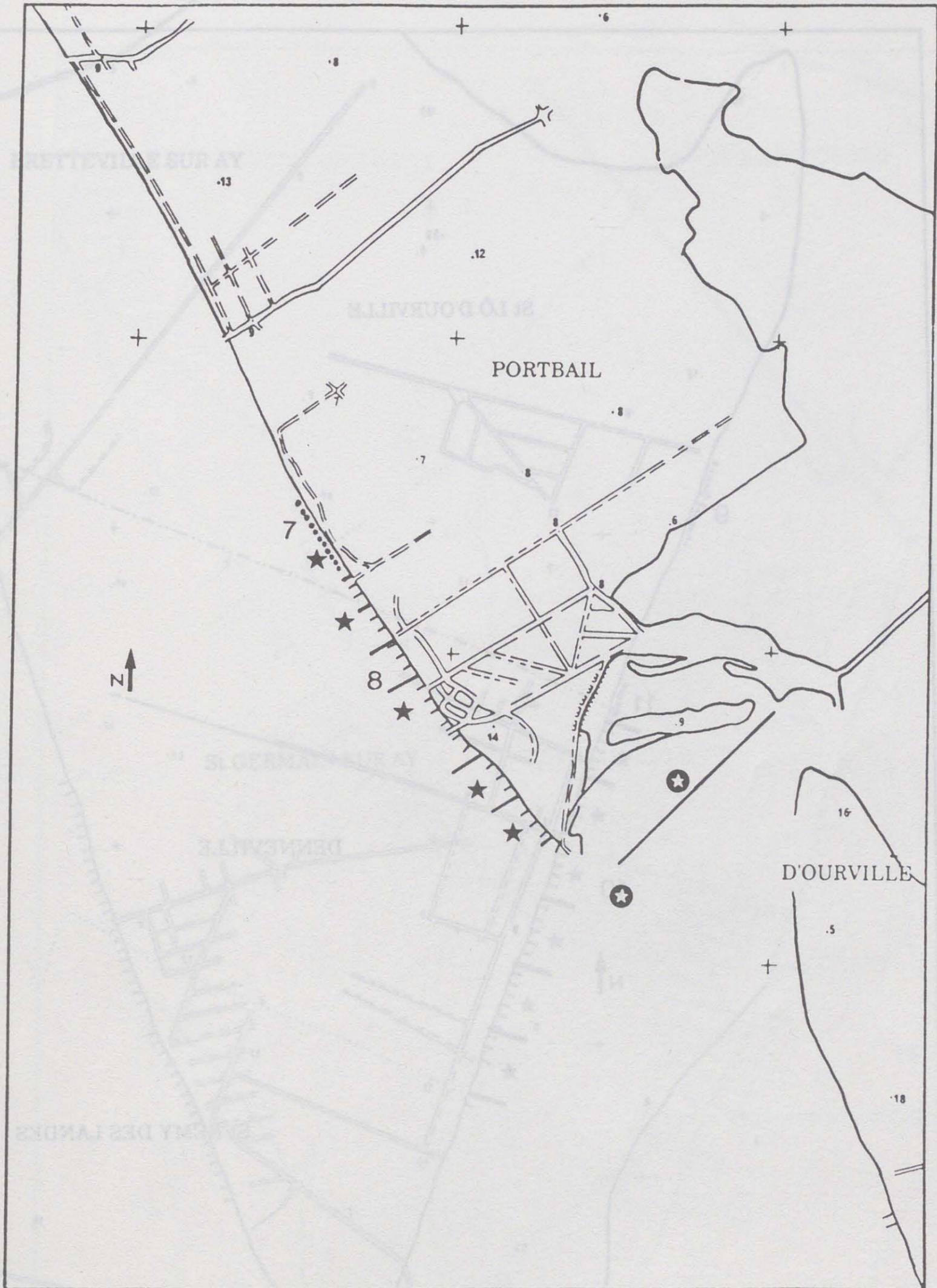
**23**

**N° d'opération.**

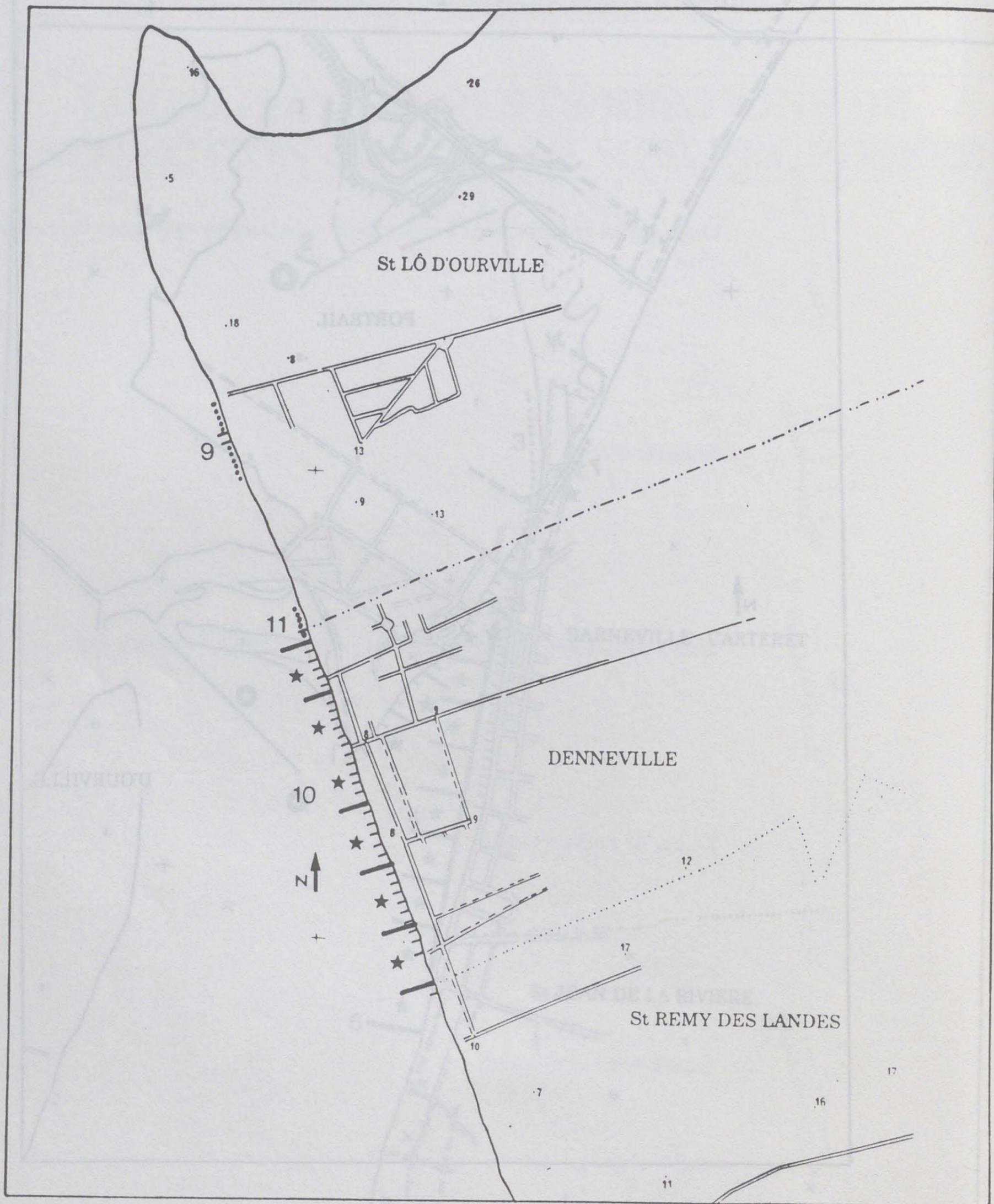
# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS ET RECHARGEMENTS EN SABLE



# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS ET RECHARGEMENTS EN SABLE

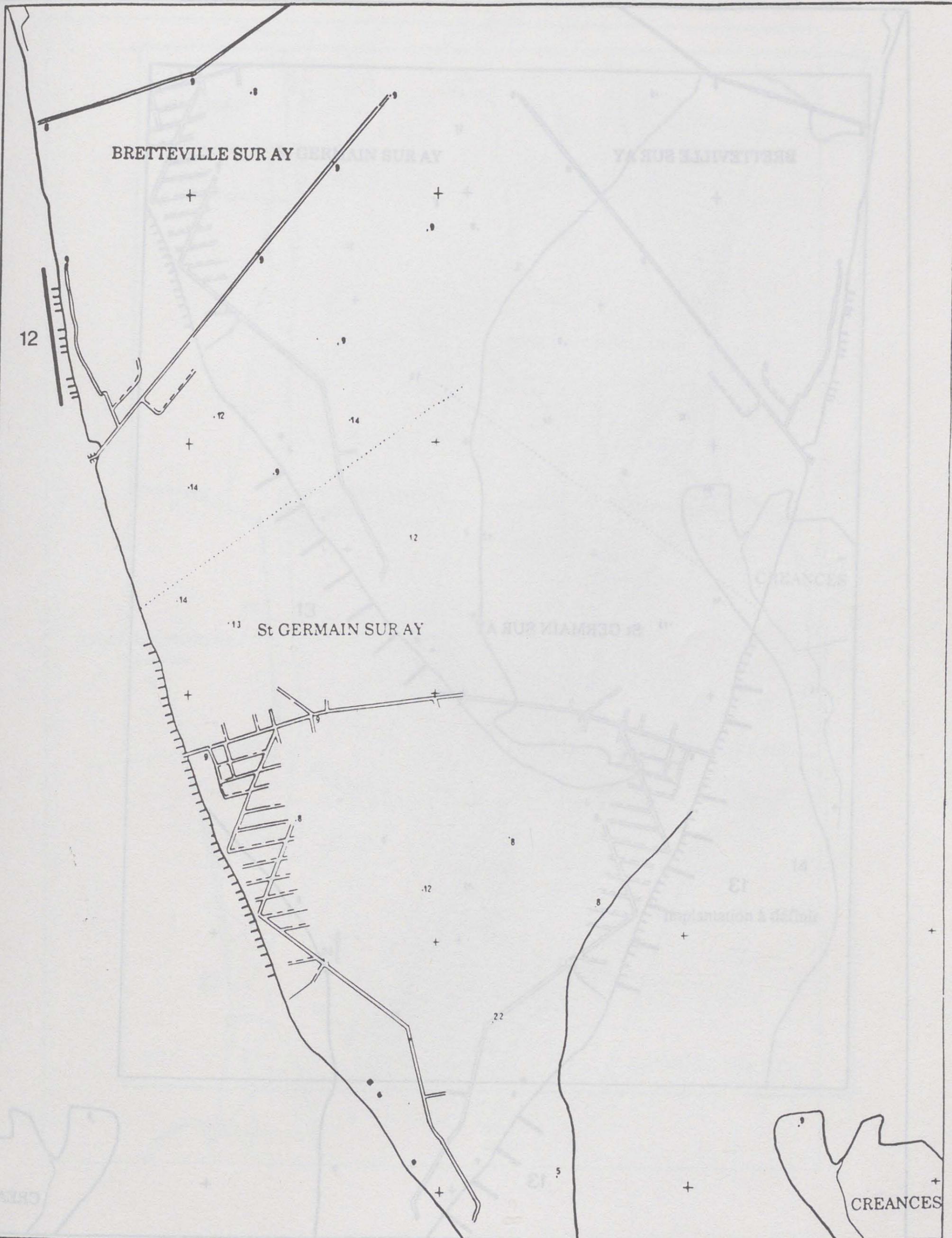


# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS ET RECHARGEMENTS EN SABLE



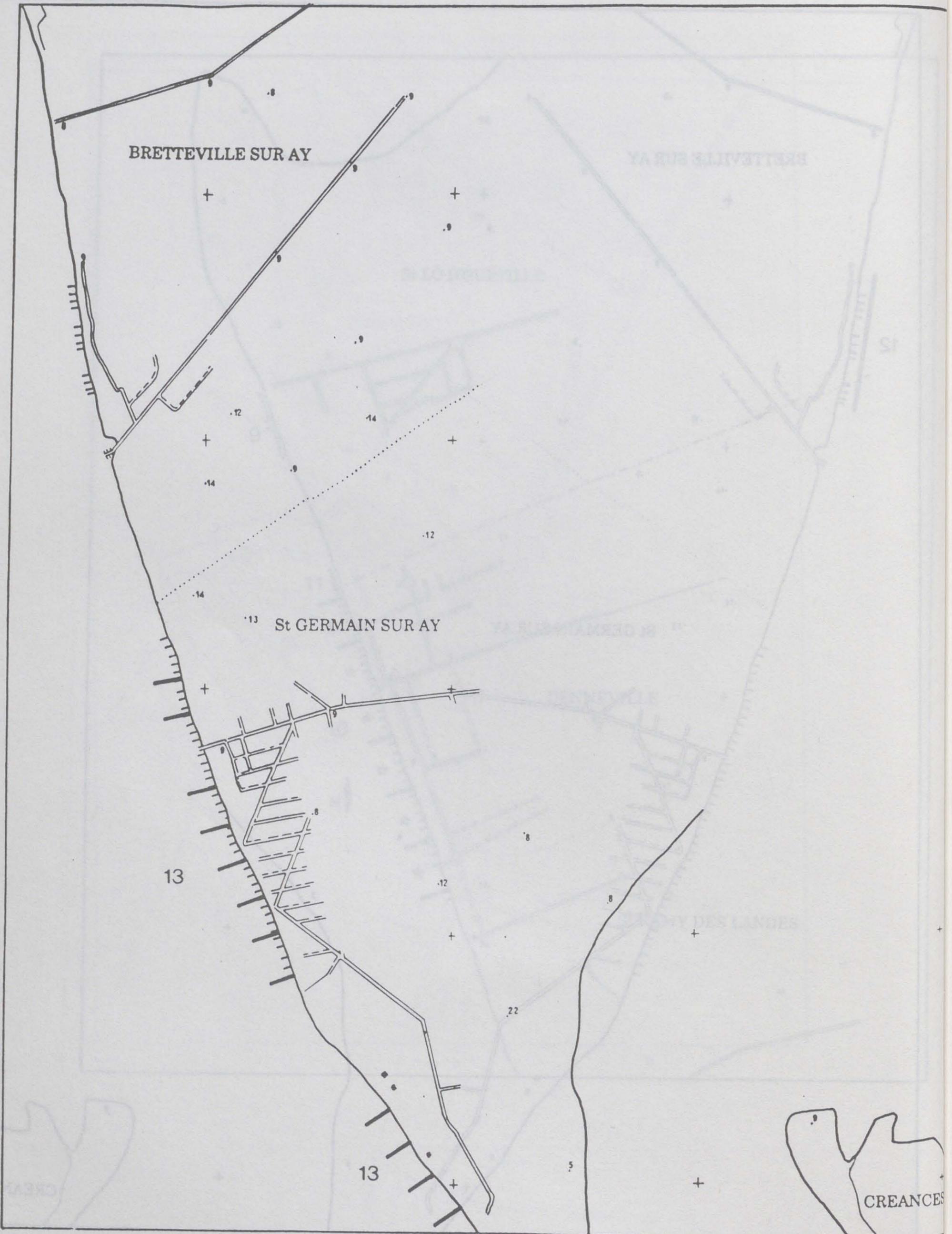
# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS

AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS

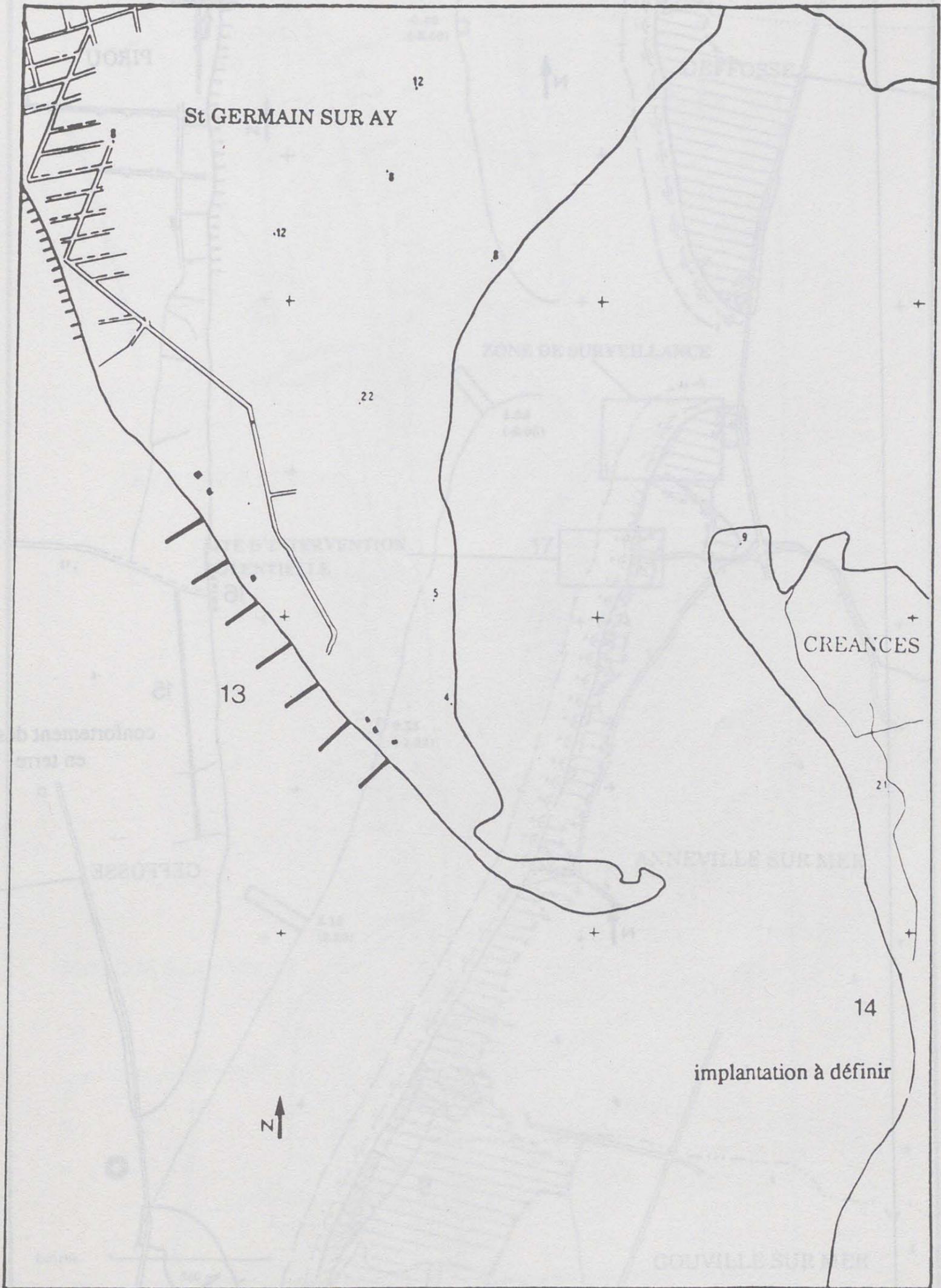


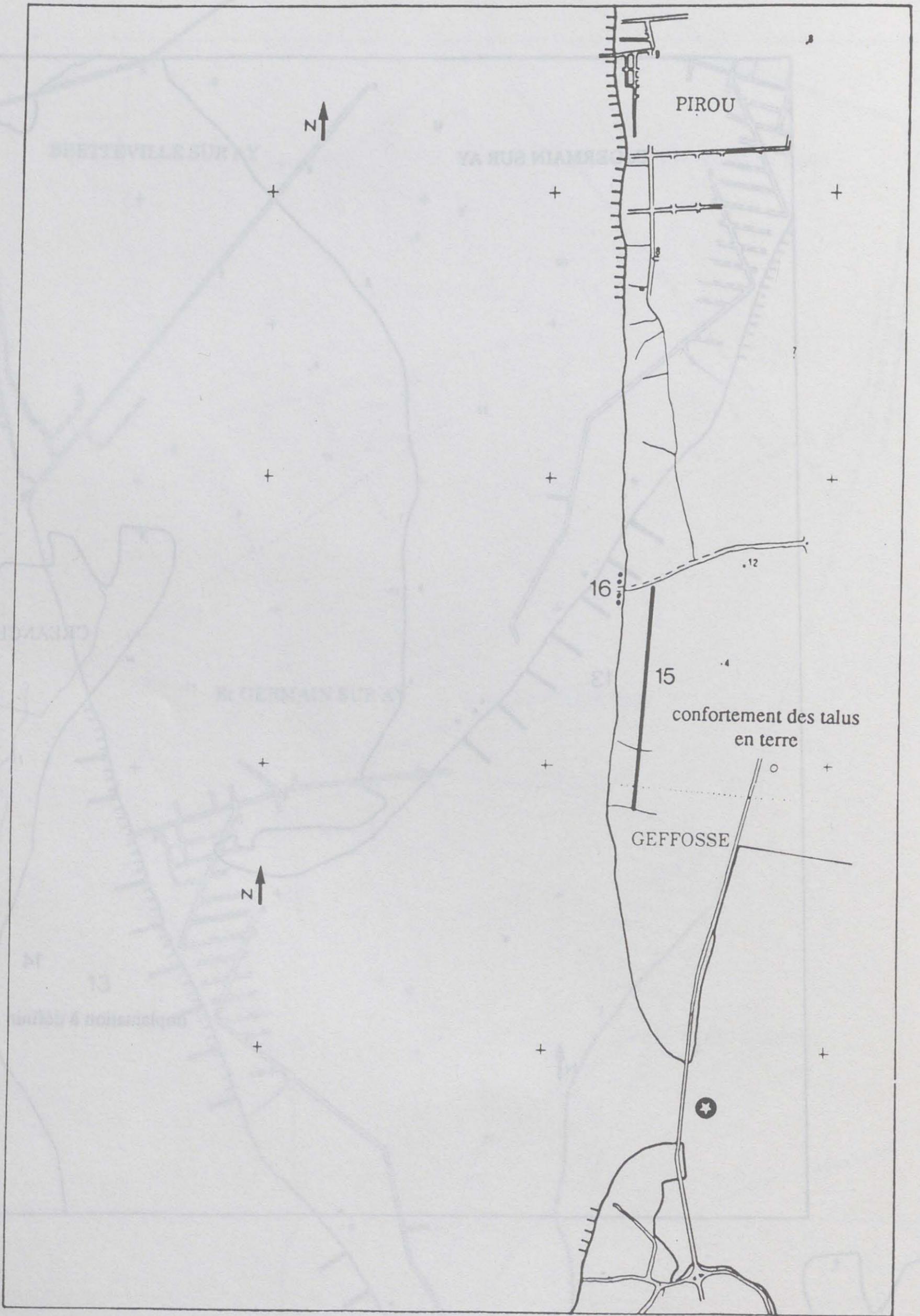
AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS

ET RECHASSEMENTS EN SABLE

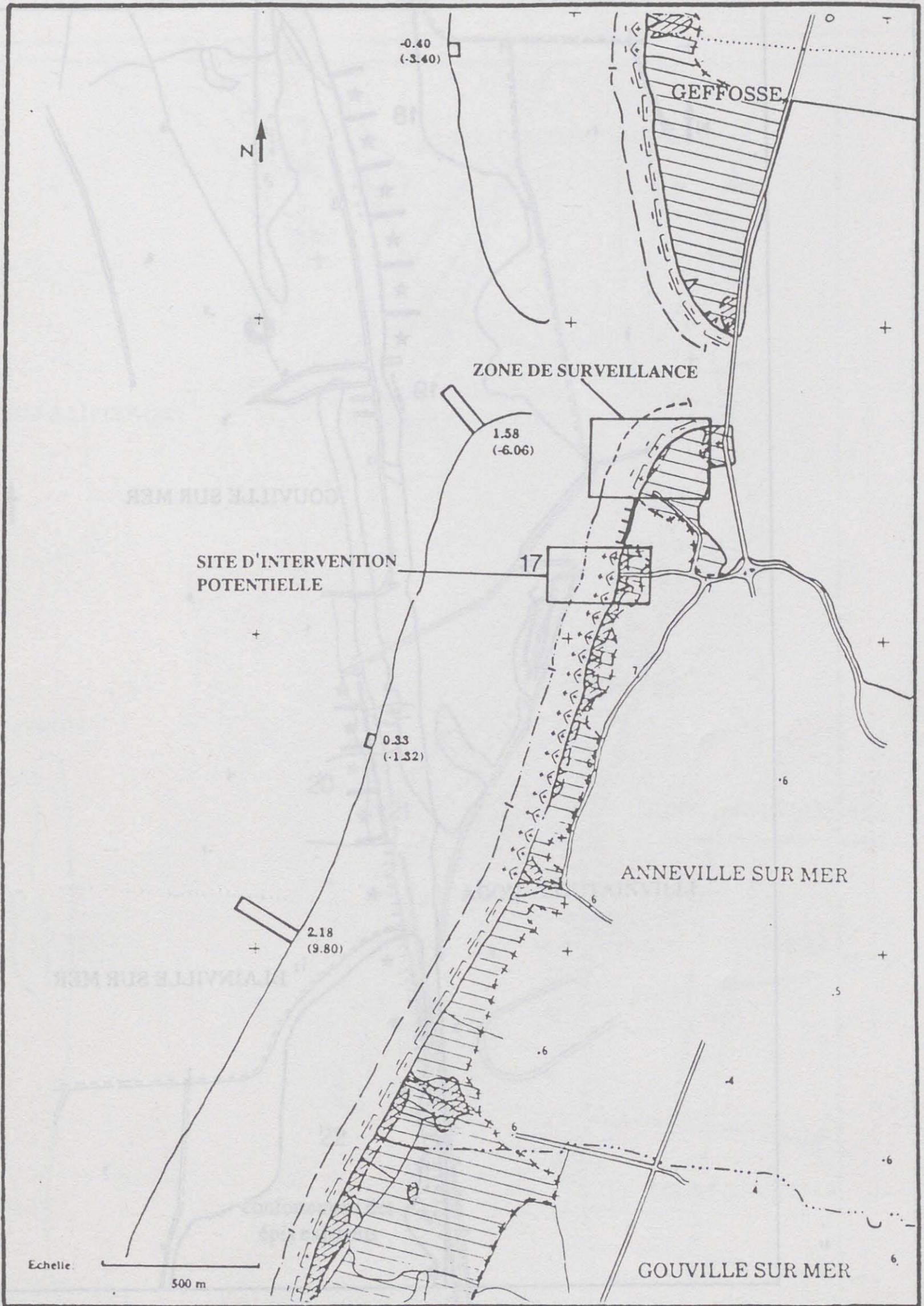


# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS

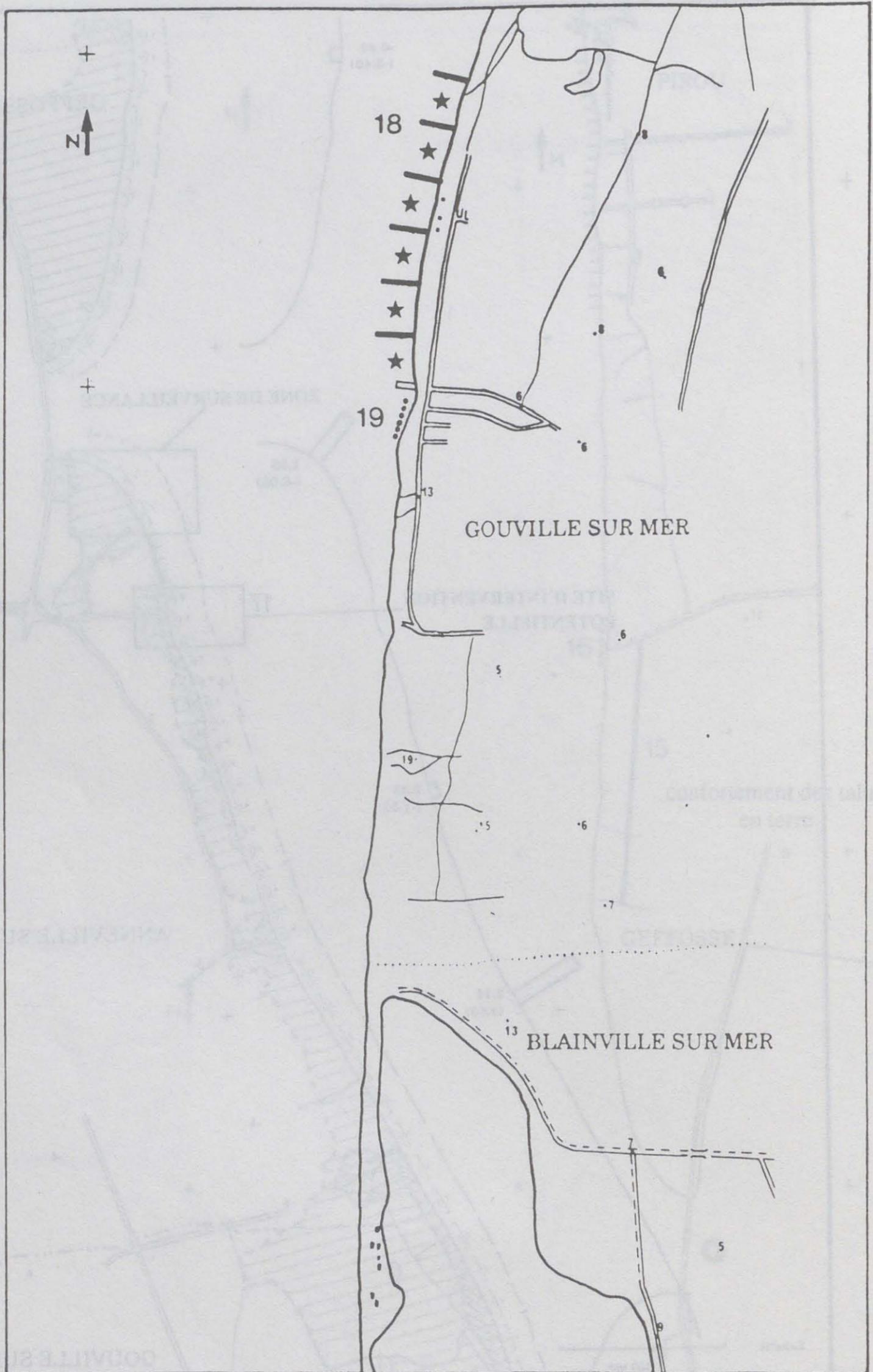




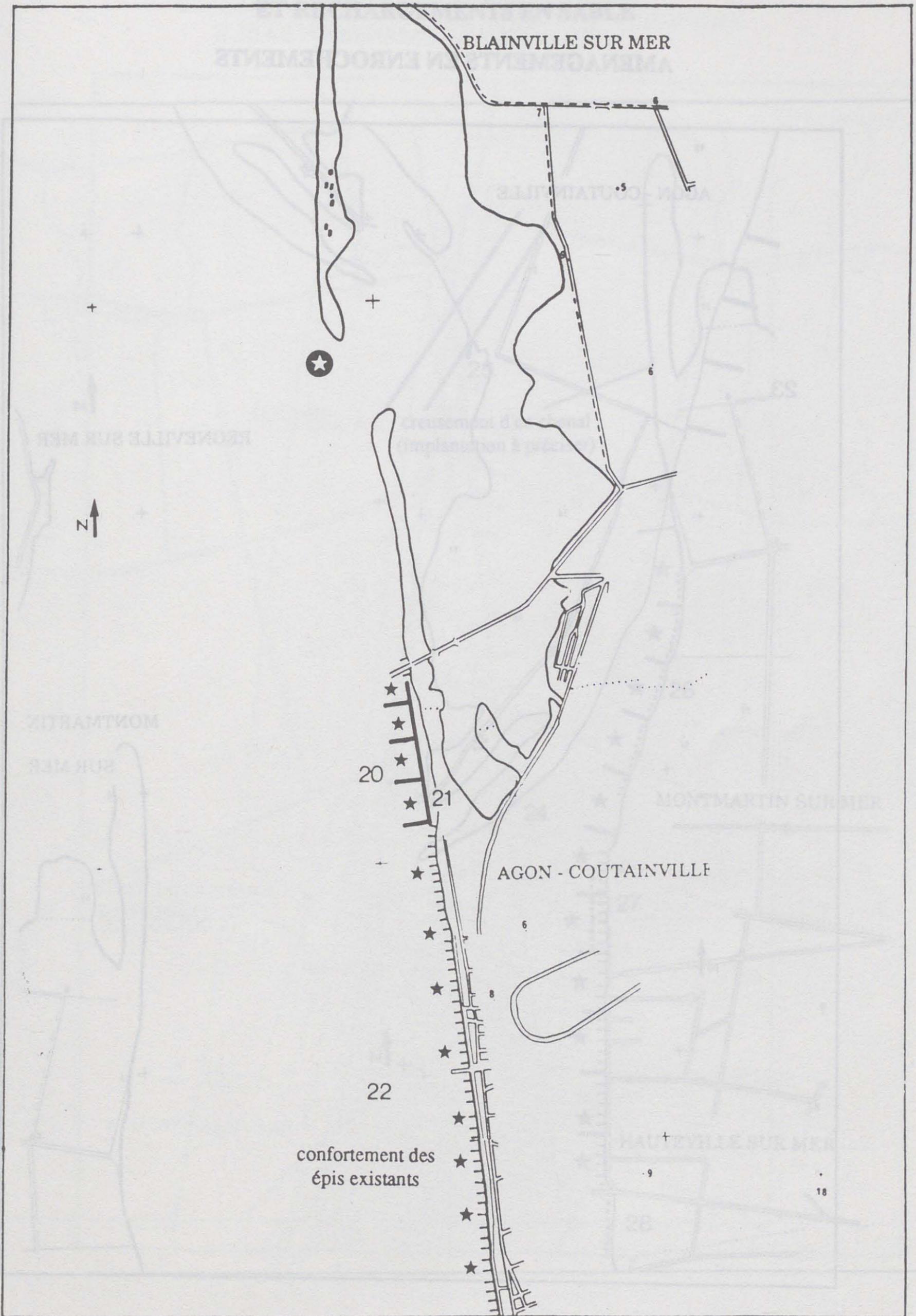
AMENAGEMENTS DUNAIRES  
ANNEVILLE-SUR-MER



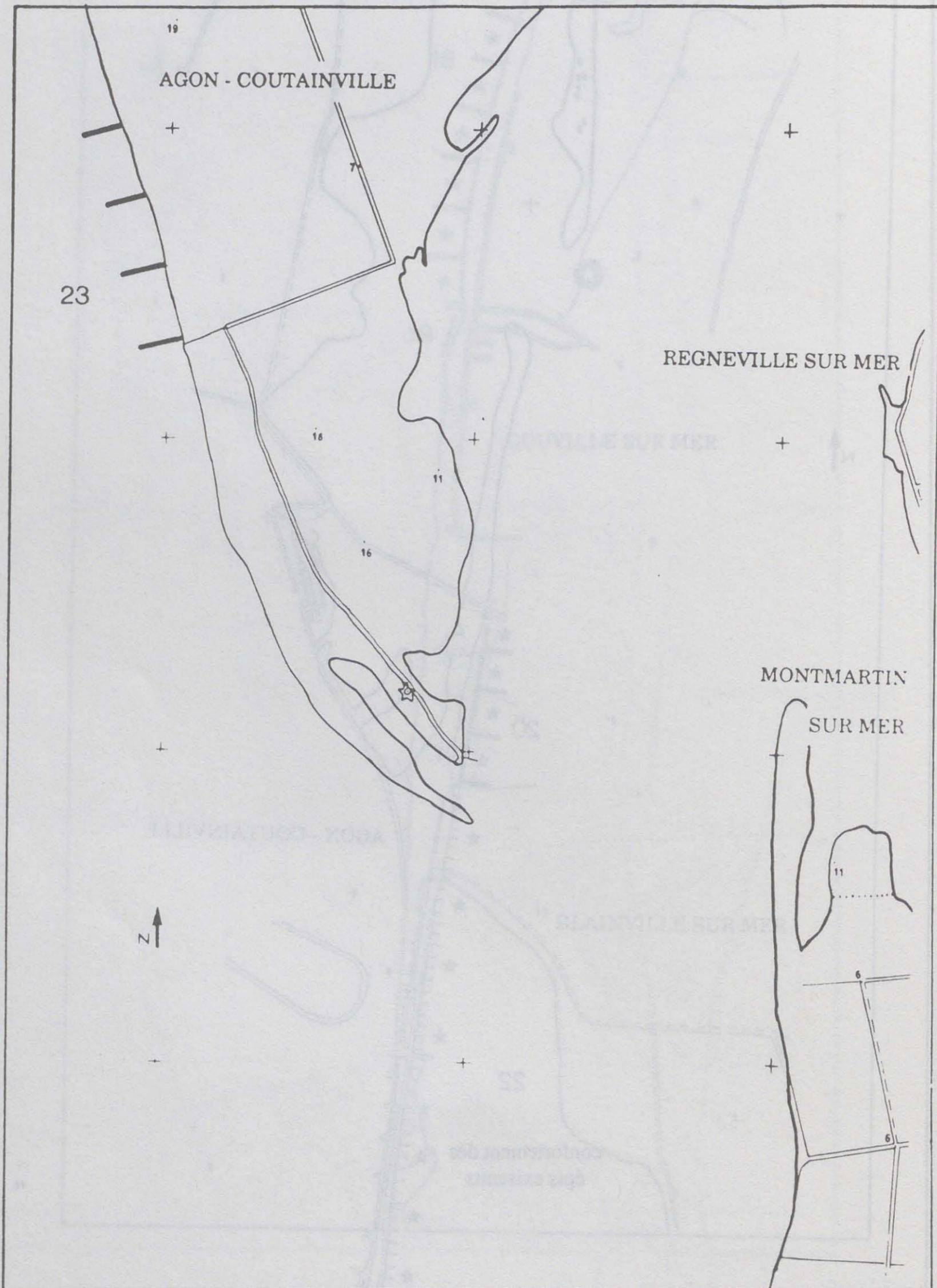
# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS ET RECHARGEMENTS EN SABLE



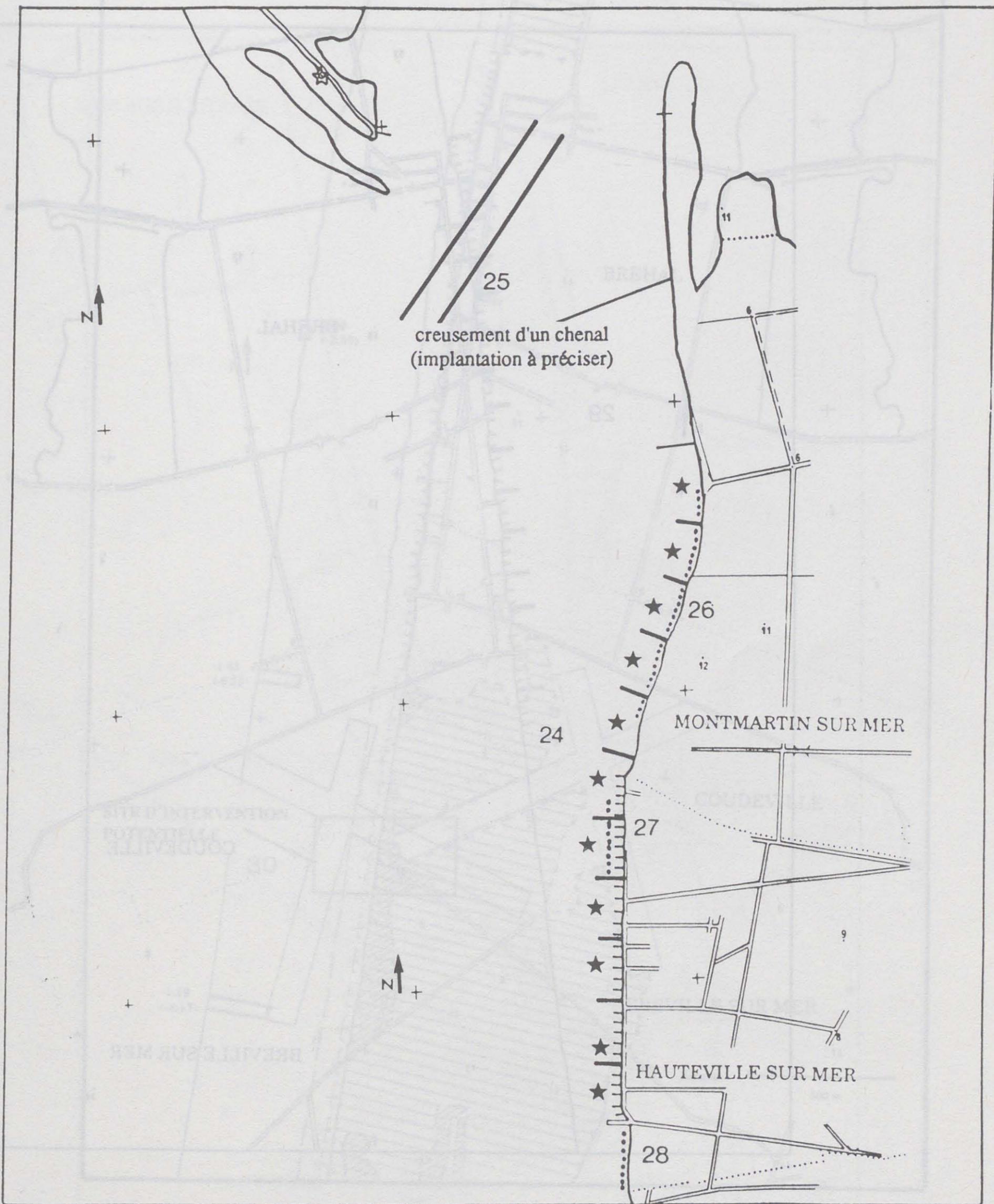
# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS ET RECHARGEMENTS EN SABLE



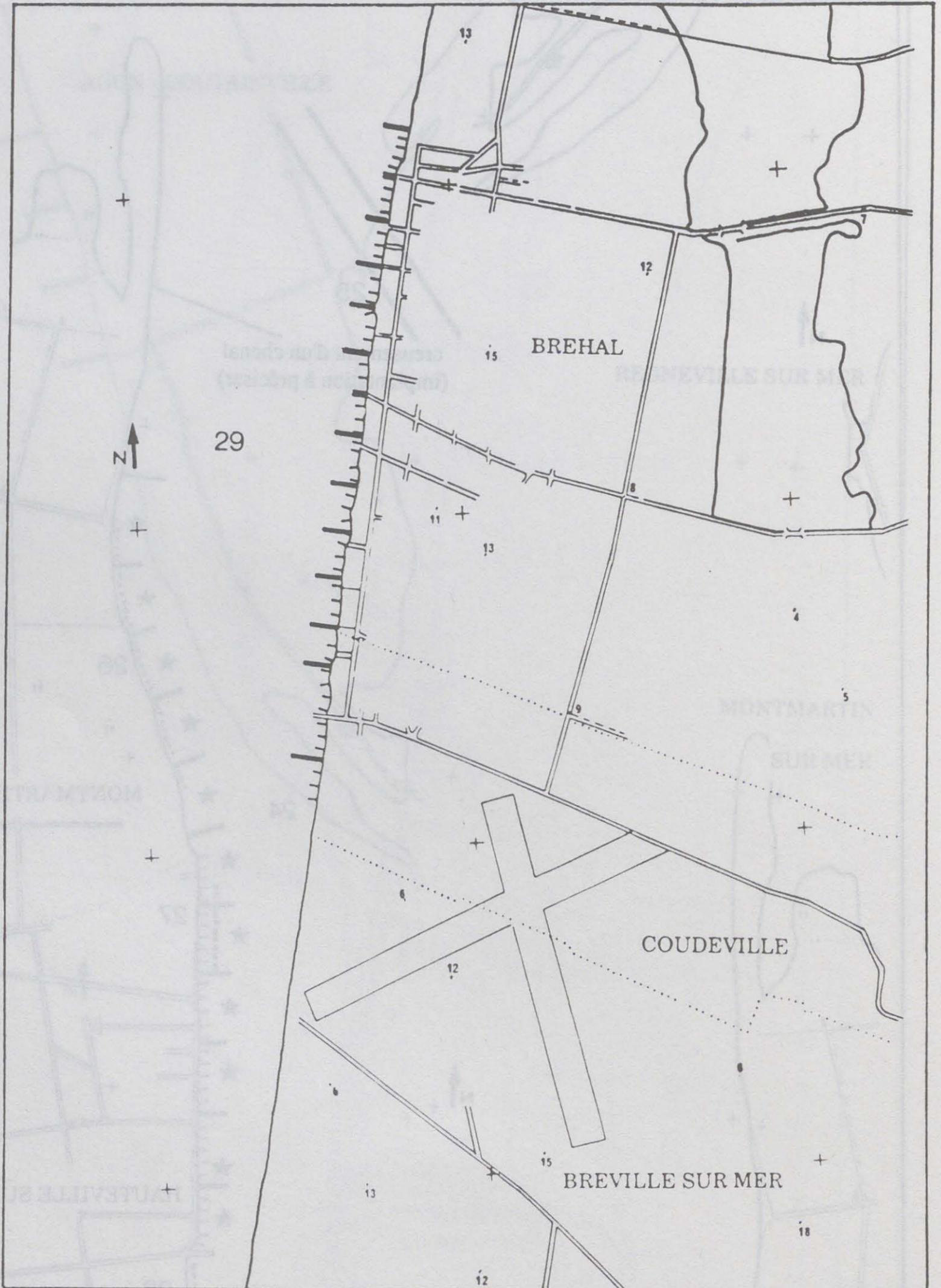
# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS



AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS  
ET RECHARGEMENTS EN SABLE

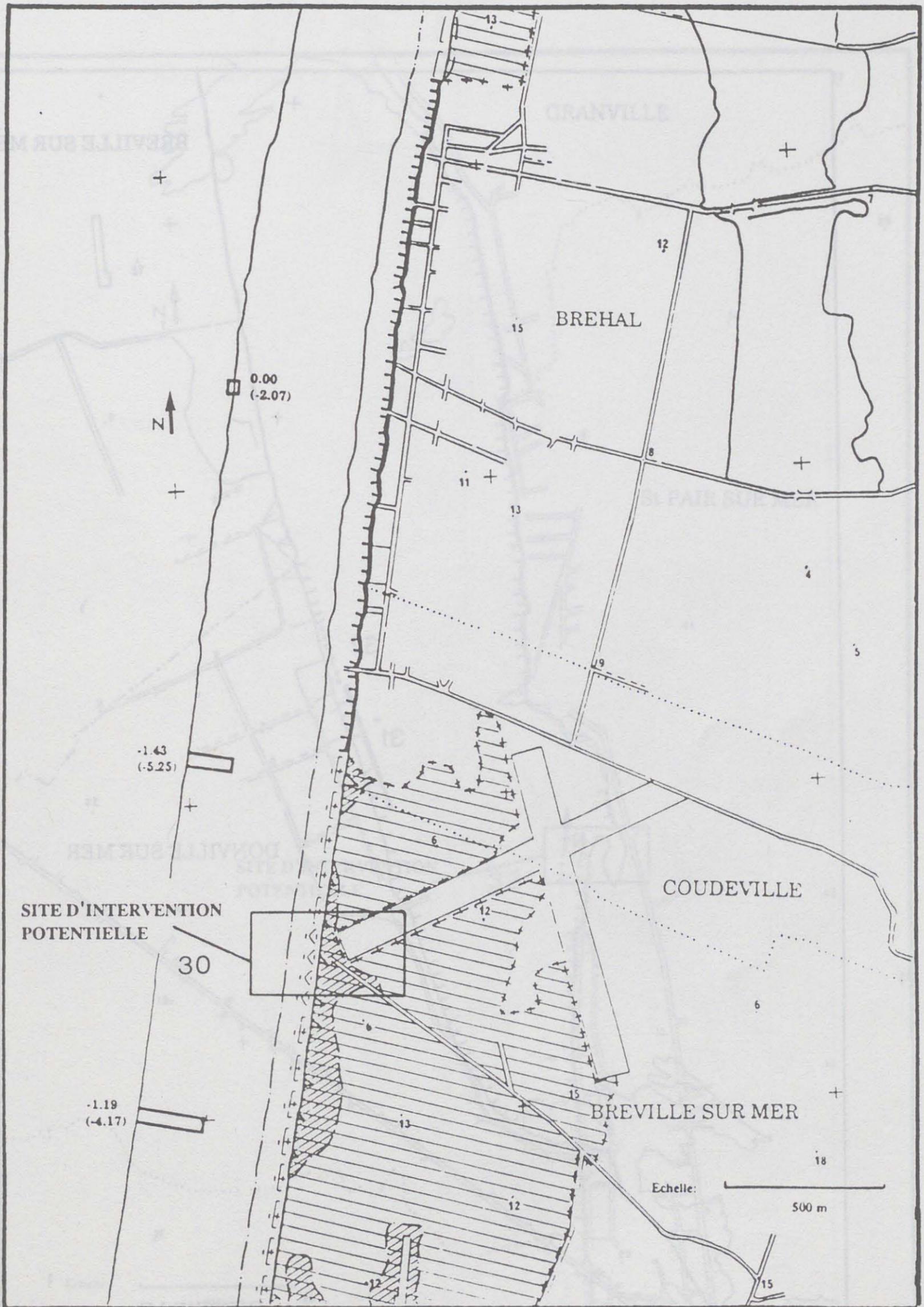


AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS  
ET RECHARGEMENTS EN SABLE

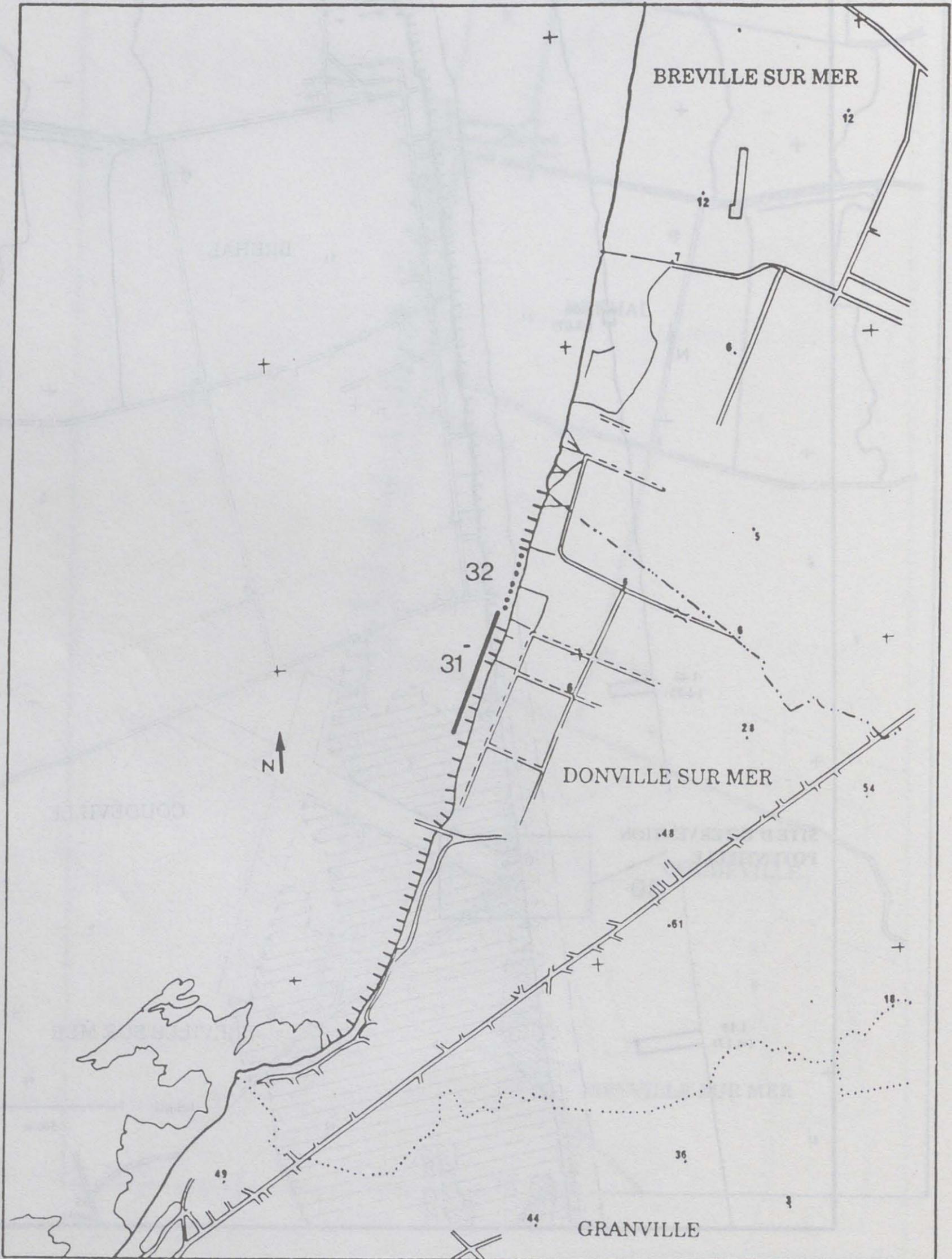


# AMENAGEMENTS DUNAIRES

## BREVILLE-SUR-MER : SUD DE L'AEROPORT

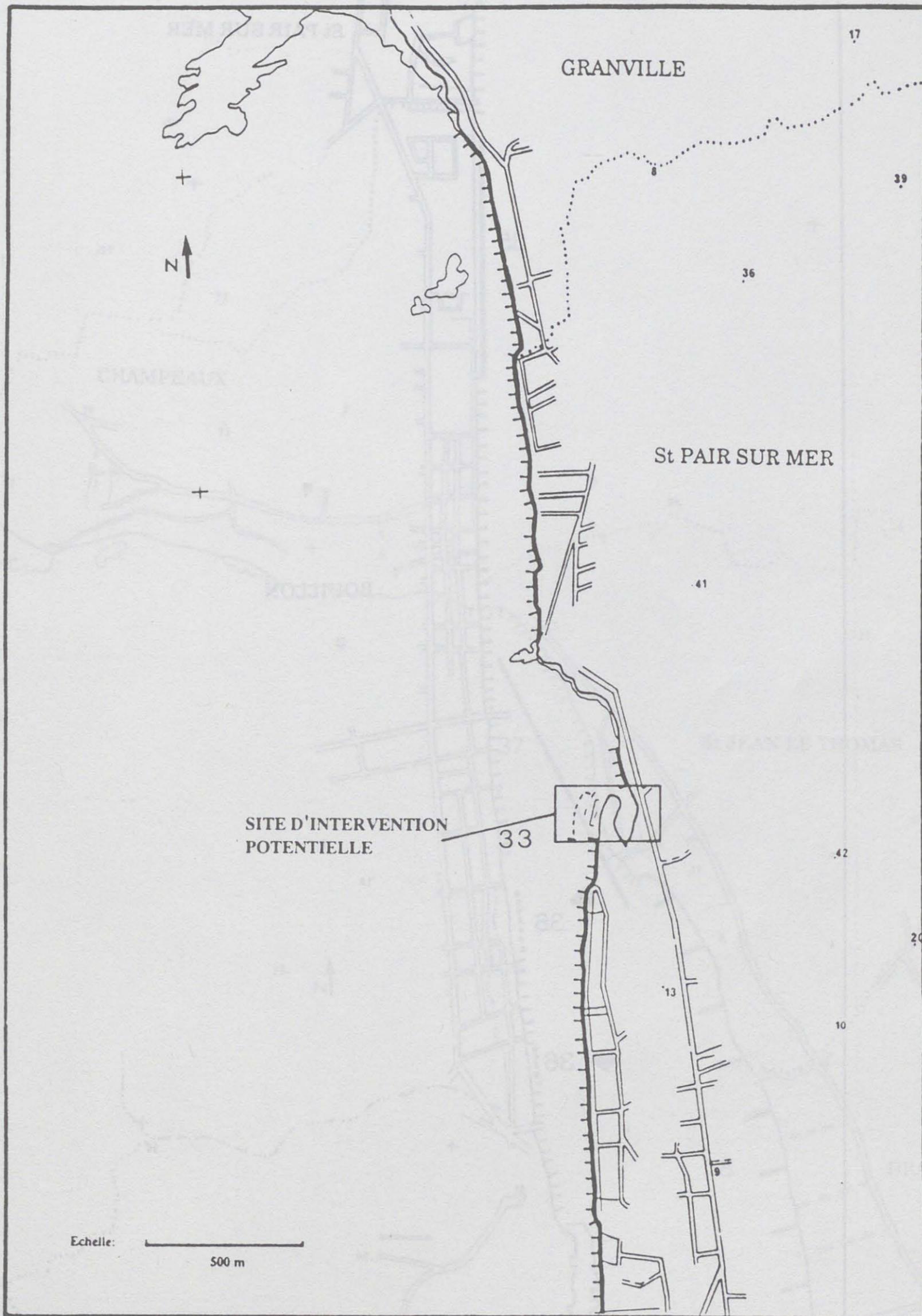


AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS

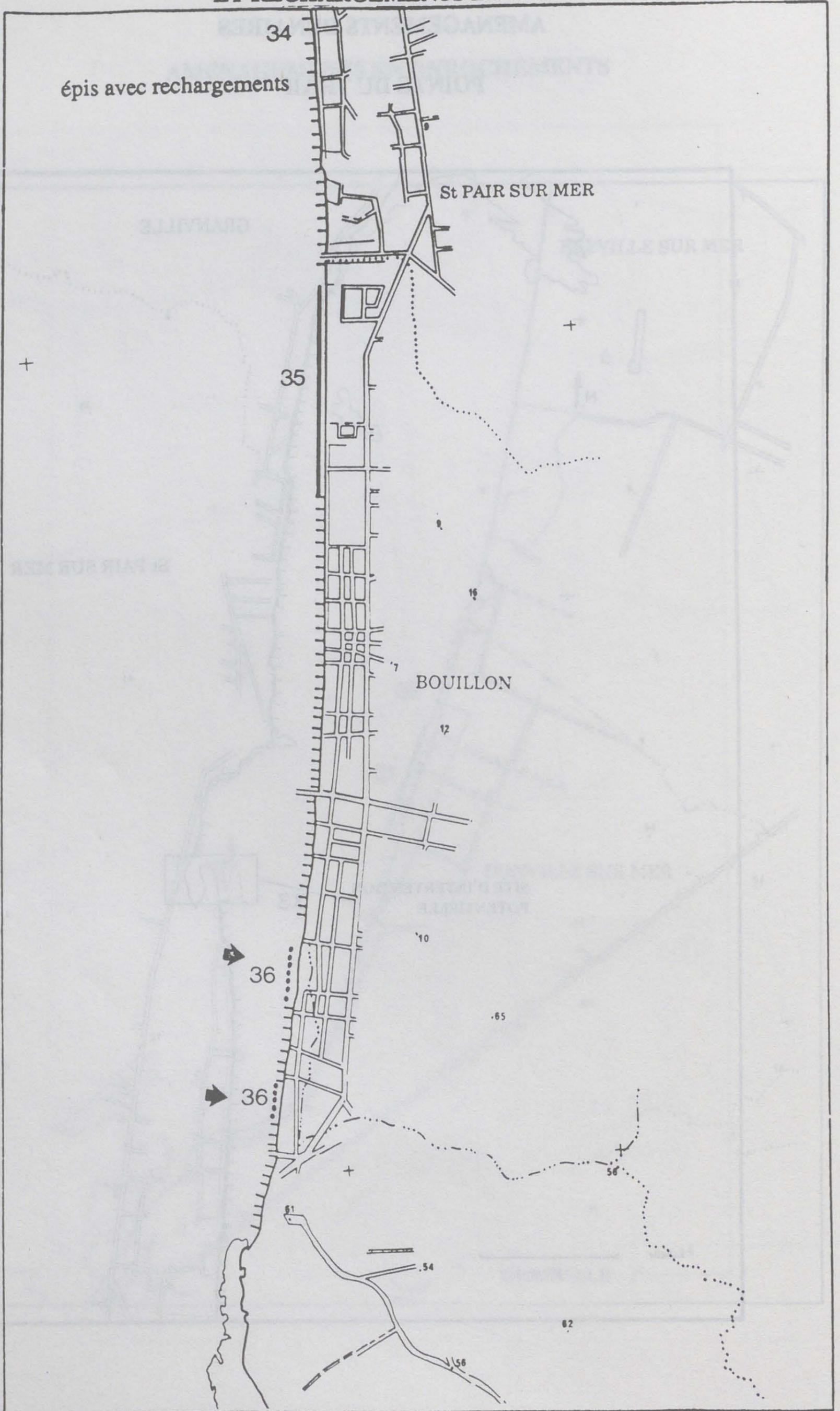


# AMENAGEMENTS DUNAIRES

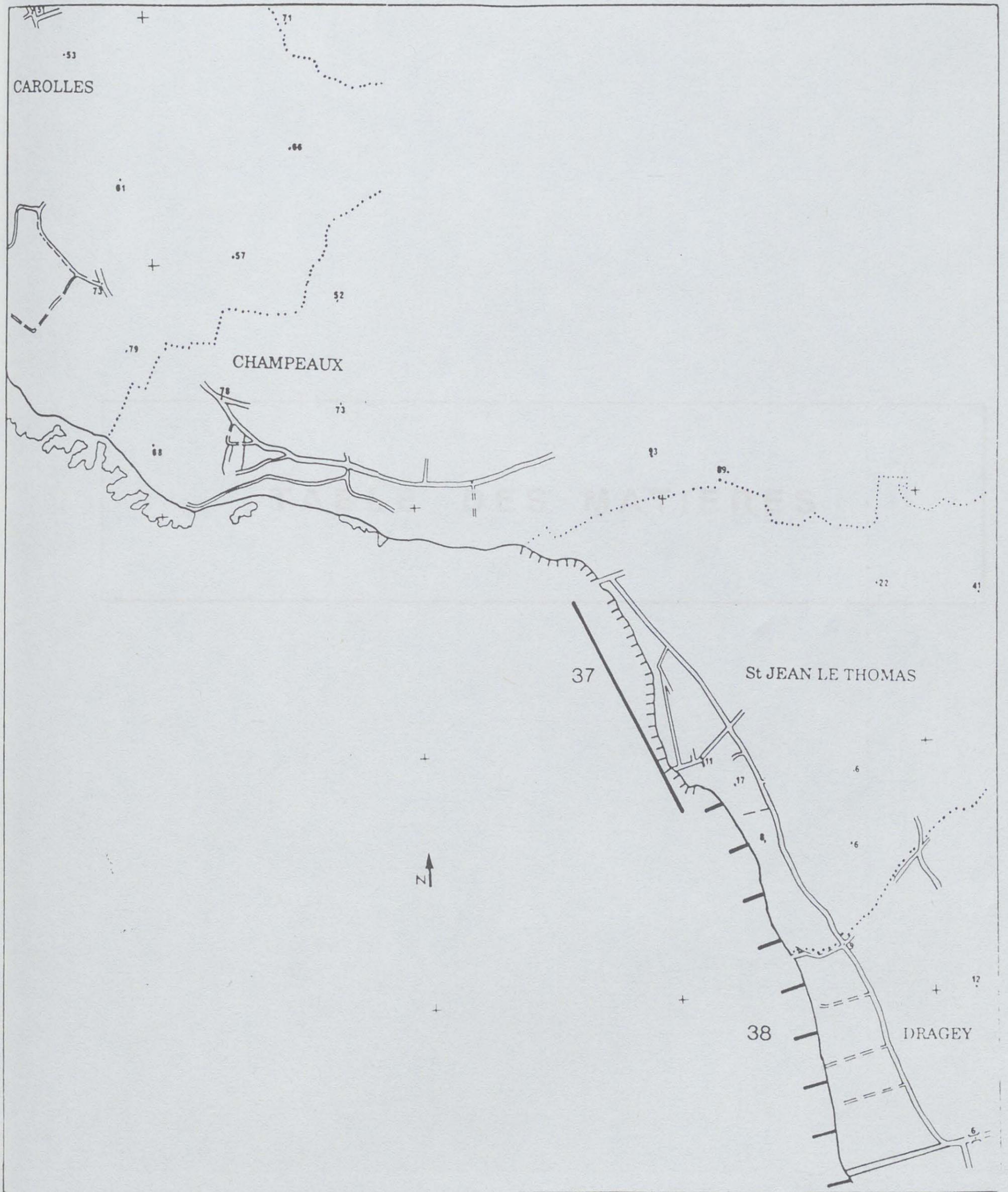
## POINTE DU THAR



# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS ET RECHARGEMENTS EN SABLE



# AMENAGEMENTS EN ENROCHEMENTS



# TABLE DES MATIERES

## TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	p 3
INTRODUCTION	p 5
A/ PRESENTATION GENERALE DE LA CÔTE OUEST DU COTENTIN	p 10
1) Situation et présentation	p 10
2) L'environnement géologique côtier.	p 10
3) La mise en place des paysages actuel	p 10
3.1) Les variations passées du niveau des mers et la mise en place des sédiments	p 10
3.2) Le stock sédimentaire côtier et les grandes unités morphologiques	p 11
3.3.1) Les plages de la côte ouest du Cotentin-centre	p 11
3.3.2) Les cordons et massifs dunaires	p 11
3.3.3) Les havres	p 14
a) Leur géométrie	p 14
b) La mise en place des havres	p 14
c) L'évolution récente des havres	p 14
4) Les caractéristiques dynamiques générales de la côte ouest du Cotentin	p 14
4.1) Caractéristiques générales de la marée dans le golfe normand-breton.	p 16
4.1.1) La marée	p 16
4.1.2) Les surcotes	p 16
4.2) Les courants de marée.	p 16
4.3) Les vents et les houles.	p 18
4.3.1) les vents à Granville et à Carteret.	p 18
4.3.2) Les houles en Manche occidentale.	p 18
4.3.3) Propagation de la houle vers le golfe normand-breton.	p 20
5) Conclusions	p 20
B/ EVOLUTION PASSEE ET ACTUELLE DE LA CÔTE DU COTENTIN	p 22
1) L'évolution passée du trait de côte	p 22
2) L'évolution actuelle du trait de côte	p 24
2.1) Les méthodes de mesures :	p 24
* La périodicité des levés	p 24
* Les techniques de mesure	p 24
2.2) Les tendances actuelles par rapport aux tendances évolutives pluriannuelles	p 24
* L'atténuation des tendances évolutives pluriannuelles :	p 24
* L'inversion des tendances évolutives pluriannuelles :	p 24
* L'accélération nette des tendances érosives :	p 24
* L'évolution générale :	p 29
* Les secteurs sensibles :	p 29
3) L'évolution actuelle des plages	p 29

C/ ANALYSE DES RISQUES D'EROSION ET DE SUBMERSION	p 36
1) Caractérisation des aléas et définition des zones à risques	p 36
1.1) Le zonage des terrains érodables	p 36
1.2) Le zonage des terrains submersibles	p 36
1.3) Réflexions sur l'intensité des phénomènes à différentes échéances	p 38
1.4) Analyse des risques d'érosion et de submersion à court, moyen et long terme sur les côtes de la Manche	p 41
2) Détermination et évaluation des biens menacés	p 48
2.1) Les méthodes	p 48
2.1.1) L'évaluation de la vulnérabilité actuelle	p 48
2.1.2) L'évaluation de la vulnérabilité future	p 48
2.2) la valeur des biens actuels menacés	p 50
2.2.1) L'évaluation de la valeur totale des propriétés bâties (habitations).	p 50
2.2.2) L'évaluation des biens non-bâties.	p 50
2.3) L'évaluation des dommages aux biens actuels et l'échéance de la vulnérabilité	p 53
2.3.1) Approche globale des résultats	p 53
2.3.2) Approche par régions	p 53
2.3.3) Les pertes causées par l'érosion par type de biens et d'activités	p 55
2.3.4) Les pertes occasionnées par les submersions par type de biens et d'activités	p 55
2.3.5) L'échéance de la vulnérabilité	p 55
2.4) La prise en compte de la vulnérabilité future	p 57
2.4.1) Les zones de construction futures	p 57
2.4.2) Les zones d'urbanisation future (I NA, II NA et III NA)	p 59
2.4.3) L'échéance de la vulnérabilité future	p 59
2.4.4) Les pertes des biens existants et futurs	p 61
D/ L'ETUDE DU MILIEU NATUREL	p 63
1) Les campagnes de mesures	p 63
2) Synthèse générale sur la dynamique sédimentaire des plages de carteret au Bec d'Andaine	p 63
3) Les caractéristiques des houles sur l'avant-côte et leur approche à la côte	p 71
3.1) Les mesures réalisées au SW de l'archipel des Minquiers	p 71
3.2) Les houles en arrière des îles Anglo-Normandes	p 71
3.2.1) Les hauteurs significatives	p 73
3.2.2) Les directions de propagation	p 73
3.2.3) Les périodes	p 73
3.2.4) La propagation des houles du large vers l'avant-cote	p 73
3.2.5) L'influence de la marée sur les houles de l'avant-côte et des plages	p 75
3.2.6) Les houles extrêmes	p 75
4) La modélisation des transports sédimentaires côtiers	p 78
4.1) Les hypothèses utilisées pour la modélisation	p 78
4.1.1) La détermination des conditions d'agitation sur les estrans	p 78
4.1.2) La quantification des débits solides	p 80
4.2) La simulation des transports sédimentaires longshore à l'échelle d'une année	p 80

4.3) La délimitation des cellules côtières de circulation sédimentaire longshore sur la partie supérieure des estrans	p 84
5) Estimation des transports sédimentaire sur la partie inférieure des plages	p 87
6) Les transports sédimentaires éoliens	p 91
E) ELEMENTS DE DEFINITION D'UNE POLITIQUE GLOBALE D'AMENAGEMENT DE PROTECTION CONTRE LA MER	p 94
1) Les critères techniques d'aménagement préconisés	p 94
1.1) Principaux critères de dimensionnement des ouvrages de protection contre la mer longitudinaux	p 94
1.1.1) Le niveau du plan d'eau retenu:	p 94
1.1.2) La hauteur des houles	p 94
1.1.3) La durée d'action efficace de la houle	p 94
1.1.4) La hauteur de l'ouvrage et la détermination de la cote d'arase	p 96
1.1.5) la détermination de la profondeur d'affouillement de l'ouvrage, ds.	p 96
1.1.6) Résultats généraux	p 98
1.2) Les critères de dimensionnement des ouvrages transversaux	p 98
1.2.1) La longueur des épis	p 98
1.2.2) la hauteur des épis	p 98
1.2.3) l'espacement	p 99
1.2.4) La structure des épis	p 99
1.3) Les rechargements de plage	p 99
1.3.1) Généralités	p 99
1.3.2) Les ressources futures en sédiments	p 99
1.3.3) Le problème des extractions de sédiments et de l'exportation du matériel en dehors du système côtier	p 100
1.4) Les techniques d'aménagement dunaire	p 100
1.4.1) Le rôle tampon de la dune	p 100
1.4.2) Les éléments de base à respecter pour la reconstitution de dunes bordières	p 102
2) Les principes et les moyens techniques de protection proposés	p 105
2.1) Les opérations de protection proposées et leur coût	p 107
2.2) Les mesures non structurelles de type réglementaire	p 107
2.3) Proposition d'un calendrier de réalisation	p 109
2.4) Remarques sur la mise en oeuvre d'une politique globale de défense contre la mer	p 111
2.4.1) La nature des zones protégées	p 111
2.4.2) La nécessité d'une gestion du stock sédimentaire	p 111
2.4.3) Les structures de gestion adaptées à une politique globale	p 113
2.4.4) La surveillance de l'évolution de la côte: un outil indispensable pour une programmation pluriannuelle des investissements	p 113
CONCLUSIONS GENERALES	p 114
ANNEXES	p 116
TABLE DES MATIERES	p 139

