

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS

IMPACT DES AMENAGEMENTS LITTORAUX

Installations Portuaires

Plages Artificielles

QUELQUES EXEMPLES PROVENCAUX

Alain JEUDY de GRISSAC

Docteur de Troisième Cycle



1979

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS

(78/4104)

IMPACT DES AMENAGEMENTS LITTORAUX :

- INSTALLATIONS PORTUAIRES
- PLAGES ARTIFICIELLES

QUELQUES EXEMPLES PROVENCAUX

Alain JEUDY de GRISSAC

DOCTEUR en GEOLOGIE MARINE

1979

GEOMER - 3, Avenue d'Odessa - 13008 MARSEILLE

SOMMAIRE

RESUME

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 : DEFINITION D'UNE ETUDE D'IMPACT EN MILIEU MARIN.

- A - Définition générale
- B - Aspect de l'Océanologie
- C - Interaction des phénomènes et des spécialités
- D - Les ouvrages étudiés.

CHAPITRE 2 : LES INSTALLATIONS PORTUAIRES.

A - Le Port de Santa Luccia à Saint Raphael

- 1 - Type d'ouvrage
- 2 - Le site initial : description
 - a - Les conditions océanographiques
 - b - Sédimentologie et peuplements
- 3 - L'ouvrage
- 4 - Synthèse
- 5 - Conclusion

B - Le Port du Lavandou

- 1 - Type d'ouvrage
- 2 - Le site initial : description
 - a - Conditions océanographiques
 - b - Campagne de prélèvements
 - c - Types de fonds
 - d - Sédiments
 - e - Figures sédimentaires

- 3 - Impact de l'ouvrage
 - a - L'ouvrage actuel
 - b - L'ouvrage prévu
 - c - Critique de l'ouvrage prévu.

CHAPITRE 3 : LES PLAGES ARTIFICIELLES.

A - Les plages artificielles du Mourillon (Toulon)

- 1 - Type d'ouvrage et travaux
- 2 - Descriptif du site
 - a - Les conditions océanographiques
 - b - La circulation
 - c - Les fonds, peuplements et sédiments
 - La zone aménagée
 - La zone en voie d'aménagement
- 3 - Conclusion

B - Les plages artificielles du Prado (Marseille)

- 1 - Type d'ouvrage
- 2 - Descriptif du site
 - a - Les conditions océanographiques
 - b - Sédimentologie
- 3 - Conclusion

C - Les plages artificielles de La Ciotat

- 1 - Type d'ouvrage
- 2 - Descriptif du site
 - a - Les conditions océanographiques
 - b - Modification des plages
- 3 - Conclusion

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE.

IMPACTS DES AMENAGEMENTS LITTORAUX :

- INSTALLATIONS PORTUAIRES
- PLAGES ARTIFICIELLES

QUELQUES EXEMPLES PROVENCAUX

Alain JEUDY de GRISSAC

DOCTEUR de IIIème Cycle en GEOLOGIE MARINE.

RESUME :

Etude et analyse des effets d'ouvrages sur le milieu marin.

Deux types d'ouvrages ont été observés :

- les ouvrages portuaires (plaisance) de Saint Raphaël (Santa Luccia) et du Lavandou,
- les plages artificielles du Mourillon (Toulon), du Prado (Marseille), et de la Ciotat.

L'analyse des documents existants et des mesures récentes effectuées sur les différents sites permettent de prendre en considération :

- Modalités d'impact de l'ouvrage sur le milieu marin,
- Rôle d'autres éléments perturbateurs de l'équilibre du milieu,
- Evolution récente du domaine maritime littoral,
- Modalités d'impact du milieu marin sur l'ouvrage.

L'environnement originel du site modifié joue un rôle important : en mer, présence d'un herbier de Posidossis, quantité et qualités des apports en sédiments, courants ..., présence d'autres ouvrages ... ; à terre, importance de l'urbanisation et de l'industrialisation, présence de rejets, nature du traitement qu'ils ont subi ...

Au niveau de la mise en place de l'ouvrage quel qu'il soit, le choix du matériau, les modalités de mise en place, la période choisie, jouent un rôle important quant à l'intensité de l'impact.

La forme de l'ouvrage, son exposition, sa tenue induiront ou réduiront à plus long terme les autres nuisances possibles sur les deux milieux : terrestre et maritime, et, par conséquent, sur l'économie locale et parfois régionale.

MOTS DESCRIPTEURS :

Sédimentologie littorale appliquée,
Sédimentologie dynamique,
Impact des ouvrages,
Installations portuaires,
Plages artificielles,
Sécurité,
Provence.

INTRODUCTION :

Les réalisations humaines empiétant sur le domaine marin créent de nombreuses perturbations sur les milieux environnants : terrestres et maritimes.

Le littoral provençal a vu, ces dernières années, se réaliser de nombreux ouvrages : ports, plages artificielles ..., dont l'action sur le milieu marin est manifeste. Mais, souvent, ces ouvrages n'apportent qu'un élément supplémentaire aux perturbations déjà installées. La mise en évidence de ces dernières, de leurs valeurs respectives et de leurs interactions, constitue un point important surtout au niveau des études d'impact qui tendent, soit à les dissocier, donc à les minimiser, soit à les attribuer au seul ouvrage, donc à incriminer exclusivement ce dernier. Dans tous les cas, une vision globaliste s'impose.

Cette étude, concernant les aménageurs et toutes les municipalités côtières, s'inscrivait dans les programmes du Centre National pour l'Exploitation des Océans (Base Océanologique de Méditerranée). Elle a pu, grâce au contrat passé entre cet organisme et la société Géomer, être menée à bien rapidement et de façon complète.

Messieurs B. Chomel de Varagne, Directeur de la Base Océanologique de Méditerranée du C. N. E. X. O. et P. Lardeau ont permis la réalisation de ce mémoire grâce à leur documentation scientifique et la mise en contact avec les autorités compétentes (municipalités, aménageurs).

Parmi ces personnes, il faut citer plus particulièrement M. Bouteyre, de la Société Provençale d'Equipement, M. Dupuy des Services Maritimes de la ville de Marseille, le Commandant Tailliez, responsable du groupe ECOMAIR (Mairie de Toulon), et Messieurs Gieulles et Eisenhor du Bureau Géomidi.

En outre, il nous plaît de remercier tous ceux qui, par leurs discussions ou leur aide scientifique ou technique, ont permis la bonne réalisation de ce travail.

Avant tous, le Professeur J. Blanc, du Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie Appliquée de Marseille, Luminy, qui est toujours resté disponible, prodiguant au cours du travail, conseils et remarques, proposant solutions et voies de recherches nouvelles, enfin, permettant par sa très grande connaissance du milieu littoral, d'éviter certains pièges et d'intégrer les données recueillies dans un cadre plus général.

Mme Froget, Mlle Varin, et Mme Tiercelin ont de façon importante participé à la réalisation de ce travail et, non seulement en raison de leur apport technique. Qu'elles en soient vivement remerciées.

CHAPITRE 1

DEFINITION D'UNE ETUDE D'IMPACT EN MILIEU MARIN

A - Définition générale

B - Aspect de l'Océanologie

C - Interaction des phénomènes et des spécialités

D - Les ouvrages étudiés.

CHAPITRE 1 : DEFINITION D'UNE ETUDE D'IMPACT EN MILIEU MARIN.

A - DEFINITION GENERALE.

Extrait de l'article 2 de la loi sur la protection de la nature : "Les études préalables à la réalisation d'aménagements et d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou de leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences".

Un décret en Conseil d'Etat précise les modalités d'application du présent article. Il fixe notamment : "Le contenu de l'étude d'impact qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement".

CONTENU DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT D'OUVRAGE MARITIME.

L'étude d'impact est un document de synthèse qui est l'aboutissement des études d'environnement faites dans le cadre d'un avant-projet, parallèlement aux études techniques et économiques. Cette synthèse est effectuée à l'instant donné où le dossier est établi.

Les études d'environnement doivent commencer en amont et se poursuivre en aval, avec un niveau de précision allant grandissant, tous les détails ne pouvant être arrêtés au terme de l'étude d'impact.

L'étude d'impact pourra aborder les aspects suivants, en développant tels ou tels points selon l'importance des travaux d'aménagement projetés et leurs incidences prévisibles sur l'environnement.

La liste suivante n'est ni exhaustive, ni impérative.

I - Description sommaire du projet.

- a - Objectif de l'opération,
- b - Localisation,
- c - Description générale de l'opération,
- d - Coût,
- e - Echancier prévisible de réalisation.

II - Analyse de l'état initial.

On pourra recenser les points suivants permettant d'analyser l'état initial.

- a - Données sur la marée, les courants, la houle,
- b - Données sur les vents,
- c - Données géologiques, géotechniques, sédimentologiques,

- d - Données sur les nappes phréatiques et les circulations d'eau,
- e - Données sur les transports littoraux,
- f - Données sur les flores aquatique et terrestre,
- g - Données sur la faune aquatique ou ornithologique,
- h - Intérêt écologique du site,
- i - Intérêt paysager du site,
- j - Extraction des graviers, sables ou autres matériaux,
- k - Qualité des eaux,
- l - Rejets et prises d'eau,
- m - Occupation des sols, industrie, pêche,
- n - Intérêt touristique, loisirs.

III - Analyse des effets.

On pourra estimer les effets directs ou indirects de l'ouvrage sur les points suivants :

- a - Influence sur les courants,
- b - Influence sur les transits littoraux, ou sur le transport des sédiments,
- c - Influence sur les nappes phréatiques,
- d - Influence sur la flore,
- e - Influence sur la faune,
- f - Influence sur les caractéristiques écologiques du site,
- g - Compatibilité de l'aménagement avec les extractions de matériaux,
- h - Influence sur la valeur paysagère du site,
- i - Influence sur les communications (routière, électrique, etc...),
- j - Influence sur les activités humaines (pêche, industrie, secteur tertiaire),
- k - Influence sur les loisirs,
- l - Incidences provisoires dues à l'exécution des travaux (bruit, communications interrompues, mouvement des terres, turbidité accrue de l'eau, etc ...).

Des études générales doivent être utilisées ou menées pour apprécier de façon qualitative et si possible quantitative les impacts des divers types d'ouvrages sur les facteurs d'environnement.

IV - Raisons des choix conduisant au parti présenté.

On expliquera en s'aidant de documents graphiques les choix effectués en montrant quels étaient les partis possibles (variantes mineures) et les raisons économiques, techniques et d'environnement ayant concouru à la définition du parti présenté.

On observera que les impacts sur l'environnement d'un projet ne sont pas tous négatifs.

V - Mesures à prendre.

On indiquera les mesures à prendre pour réduire ou compenser les conséquences dommageables pour l'environnement.

Au terme de cette énumération, il est possible de tirer les éléments suivants :

- a - L'étude d'impact s'effectue en avant-projet sur un ouvrage fictif,
- b - Elle regroupe une équipe pluri-disciplinaire,
- c - Elle effectue une analyse multicritère de l'état initial de l'environnement (paysages, espèces et milieux naturels, faune et flore, population),
- d - Elle choisit le projet le plus adapté au milieu.

B - ASPECT DE L'OCEANOLOGIE.

La construction de tout ouvrage en site maritime ou littoral crée une perturbation de l'équilibre naturel.

La recherche d'un nouvel équilibre pour le milieu, entraîne des modifications des paramètres topographiques, sédimentologiques, biologiques, et océanographiques qu'il convient en tout point de contrôler.

L'étude doit comprendre :

- Une reconstitution de l'évolution spatiale et temporelle du site (historique),
- La définition des divers paramètres physiques intervenant sur l'équilibre dynamique du milieu,
 - Météorologie,
 - Courantologie,

- Comportement des houles,
- Bathymétrie,
- Biologie animale et végétale,
- Sédimentologie descriptive et dynamique,
- Pétrographie et minéralogie des dépôts (sables, vases, propriétés rhéologiques),
- Chimie, biochimie,
- Etat de pollution, qualité des eaux, etc ...

C - INTERACTION DES PHENOMENES ET DES SPECIALITES.

Il est impossible de dissocier chaque chapitre. Les phénomènes sont à étudier dans leur ensemble par une équipe de spécialistes ouverts aux autres disciplines. Les modifications souhaitables par l'un sont plus néfastes pour l'autre.

Tout aménagement constitue une agression de l'équilibre naturel du milieu. Le milieu y répond souvent par une dynamique dont les effets sont moins immédiats.

Le choix d'un ouvrage doit constituer un compromis raisonnable avec les milieux naturels et les facteurs s'y rapportant.

D - LES OUVRAGES ETUDIES.

Deux types d'ouvrages seront étudiés.

- Installations portuaires,
- Plages artificielles.

Les installations portuaires :

- Port de Santa Luccia à Saint Raphaël, incomplètement terminé,
- Port du Lavandou, en projet d'agrandissement.

Les plages artificielles :

- Plages du Mourillon à Toulon, en voie d'achèvement. On possède des documents sur le site datant de 1955,

- Plages du Prado à Marseille (première tranche). Des études de sédimentologie ont été réalisées en 1965, 1973, et 1978,

- Plages de la Ciotat sur lesquelles ont été effectués quatre levés en 1978.

CHAPITRE 2

LES INSTALLATIONS PORTUAIRES

A - Le Port de Santa Luccia à Saint Raphaël

B - Le Port du Lavandou.

CHAPITRE 2 - LES INSTALLATIONS PORTUAIRES.

A - LE PORT DE SANTA LUCCIA A SAINT RAPHAEL.

I - Type d'ouvrage.

Initialement, il s'agit d'un complexe immobilier portuaire ("marina") gagné sur la mer dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

- Superficie du plan d'eau : 11 ha en 2 bassins communiquant par un chenal,
- Capacité : 1 500 unités,
- Remblai : 1 000 000 de m³ environ,
- Jetées frontales : 1 000 m environ.

II - Le site initial : description.

a - Les conditions océanographiques.

Les vents :

Les moyennes annuelles sur le site de Saint Raphaël sont les suivantes :

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calcul
%	8%	17%	15%	5%	1%	18%	16%	8%	9%
		_____				_____			

Deux régimes s'opposent en fréquence. Le régime d'E - NE (32%) et le régime d'O - SO (34%). A priori, leurs actions apparaissent opposées.

Les houles :

Le Port de Santa Luccia apparait plus exposé aux houles de régime d'Ouest qu'au régime d'Est. Dans ce dernier cas, il est protégé par les îlots du Lion de Terre et du Lion de Mer.

: Etat de la mer	: 1	: 2	: 3	: 4	: 5	: 6
: Creux en (m)	: 0 à 0,25	: 0,25 à 0,50	: 0,50 à 1,25	: 1,25 à 2,50	: 2,50 à 4	: 4 à 6
: % annuel	: 1,4	: 52,1	: 34,5	: 9,3	: 2,5	: 0,2
: % hivernal : janvier-avril				: 3,7	: 1,3	: 0,2

Les conditions les plus rudes vont de janvier à avril. Les amplitudes significatives atteignent 5 m. Les houles au large peuvent atteindre temporairement 8 mètres.

Les courants :

Le courant géostrophique se dirige d'Est en Ouest et passe au large des Lions de terre et de Mer. La vitesse normale (0,5 nd) peut passer à 1 et même 2 nds par tempête d'Est. Il induit dans la baie de Saint Raphaël un contre courant d'Ouest en Est atteignant facilement 1 noeud et se dirigeant vers le Port de Santa Luccia. Ce courant vient passer devant l'ouvrage et se dirige vers le Sud, puis l'Ouest. Localement au niveau du littoral, ce contre-courant peut lui-même créer des courants dirigés Est - Ouest de vitesse moindre.

b - Sédimentologie et peuplements.

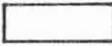

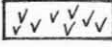
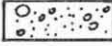

La carte établie en 1970 - 1971 par Bellaiche et Nesteroff, localement revue par J. Blanc (1975) a été profondément modifiée par l'installation de l'ouvrage (planche). L'herbier est en régression constante et il n'occupe plus qu'une mince frange contre la partie sud de l'ouvrage. Le détritique côtier est réduit lui aussi contre la partie nord. Le reste de la zone est occupé par un sédiment détritique envasé, auquel fait suite très vite la vase terrigène côtière.

La zone dans son ensemble a subi un envasement important lié, soit aux travaux eux-mêmes : remblais non protégés, soit aux modifications des courants dans cette zone (atténuation).

III - L'ouvrage.

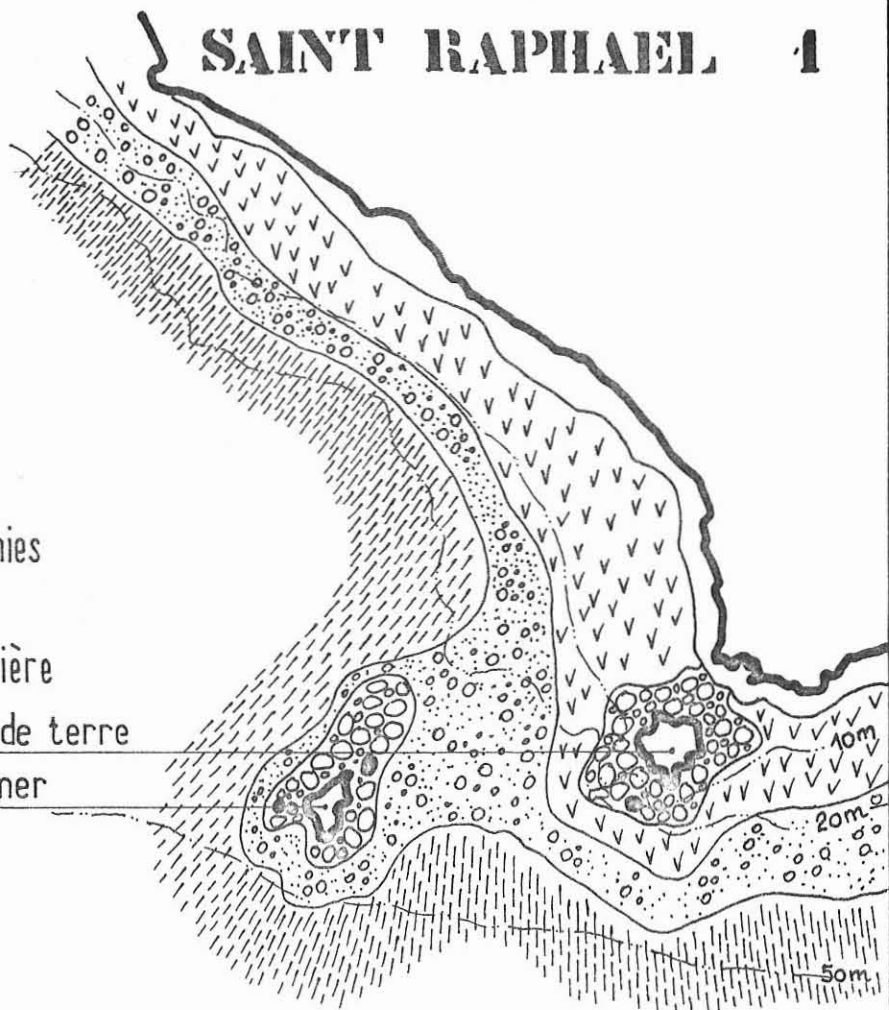
La jetée frontale suit l'isobathe 7 m dans ses parties centrale et sud. Au Nord, elle atteint les fonds de 10 m. La construction et l'agencement des blocs sont de très bonne facture. Des plongées effectuées au pied des jetées ne montrent aucun affouillement sous les blocs.

SAINT RAPHAEL 1

-  Prisme littoral
-  Roche
-  Herbier de Posidonies
-  Détritique côtier
-  Vase terrigène côtière


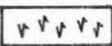

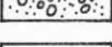
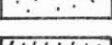
Lion de terre
Lion de mer

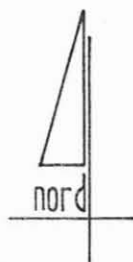
0 500 1000 2000 m



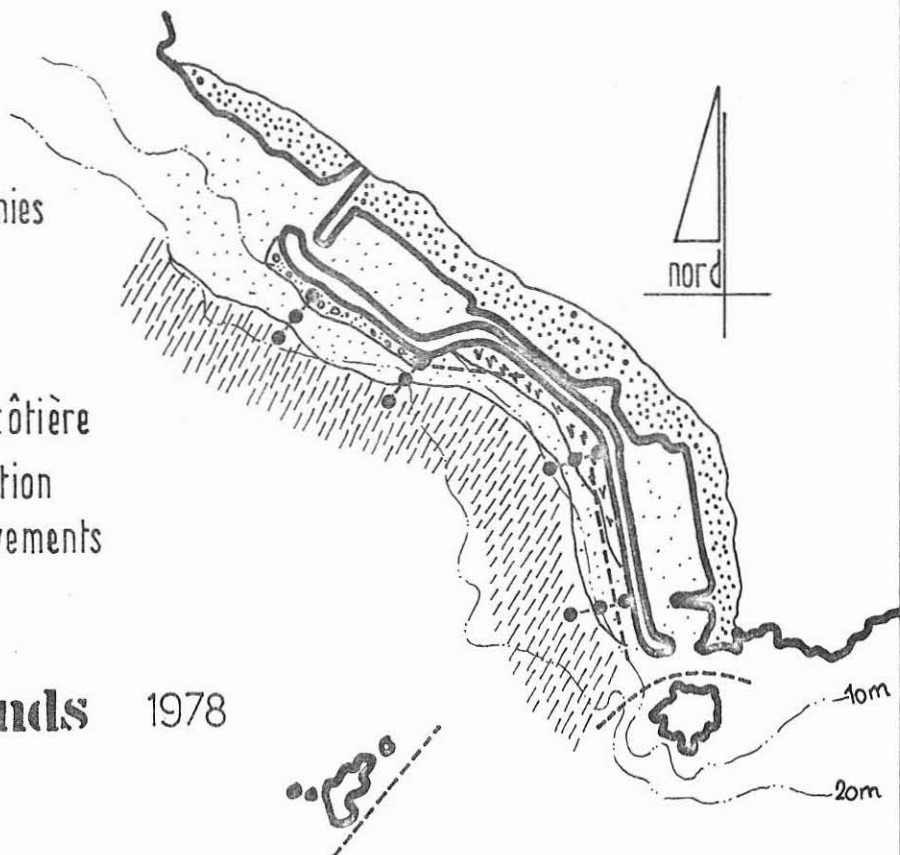
Nature des fonds

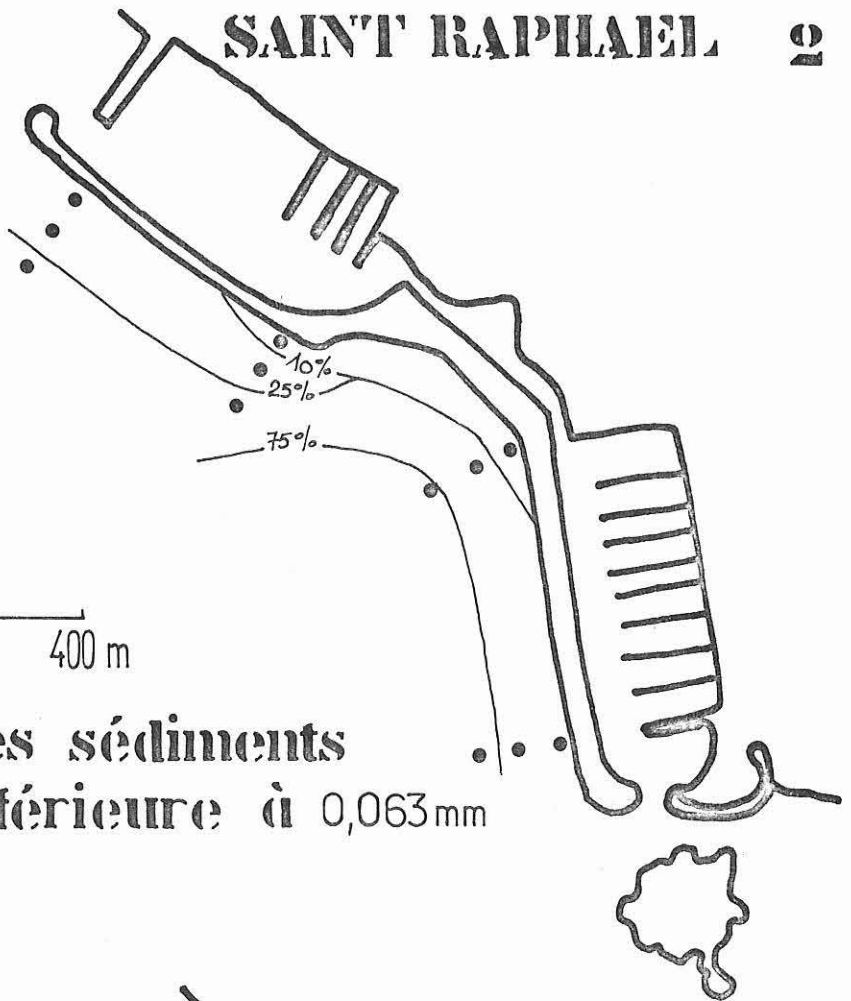
d'après Bellaïche et Nesteroff 1971, revue par J. Blanc en 1975

-  Remblai
-  Herbier de Posidonies en regression
-  Détritique côtier
-  Détritique envasé
-  Vase terrigène côtière
- Radiale d'observation
- Points de prélèvements



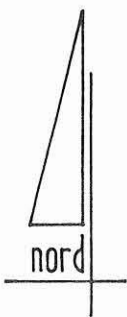
Nature des fonds 1978

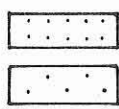


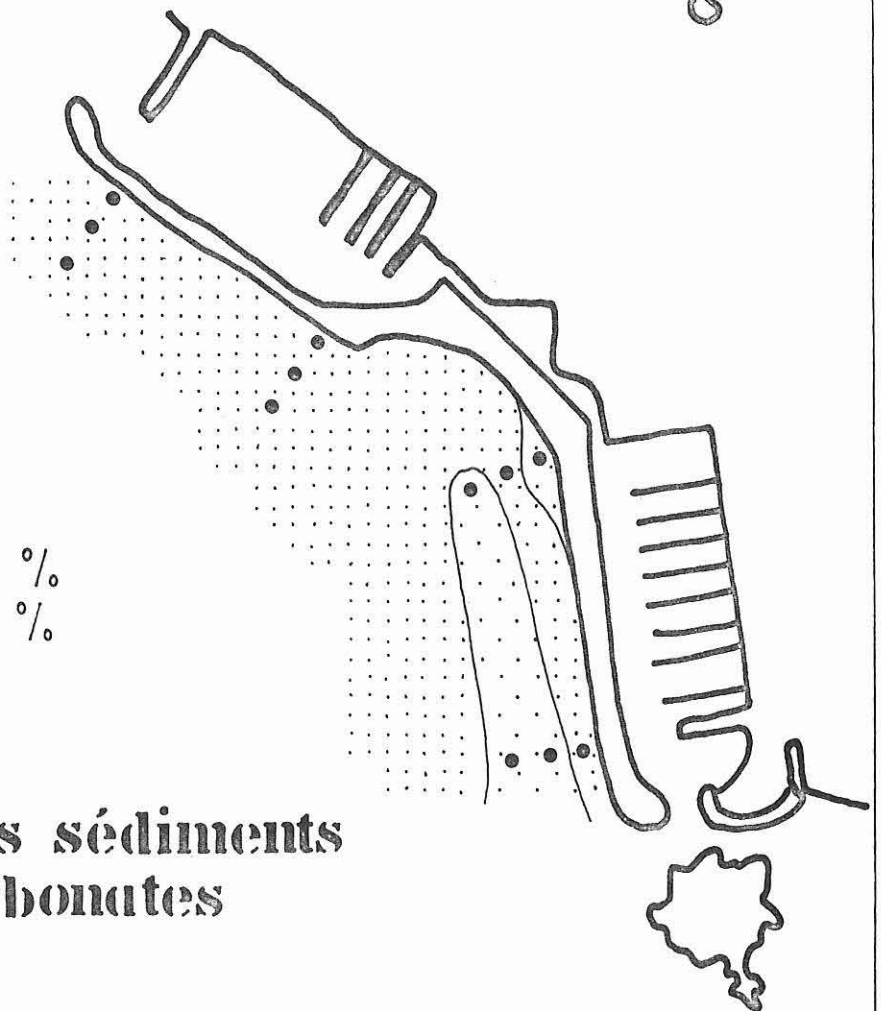


0 100 200 400 m

**Teneur des sédiments
en fraction inférieure à 0,063mm**



 de 0 à 20 %
de 20 à 40 %



**Teneur des sédiments
en carbonates**

Le bassin sud, complètement équipé et parfaitement fonctionnel comporte des frontons sur pilotis permettant une bonne aération du plan d'eau. Néanmoins, par fortes pluies, les eaux se déversent dans le port.

Le chenal de raccordement, long de 180 m, il n'est pas fonctionnel car, fermé au niveau du bassin sud.

Les aménagements prévus ont été laissés à l'abandon. Les structures devant servir de support à des bungalows se sont affaissées. Les eaux du réseau pluvial se rejettent directement dans ce canal. Le terre-plein de remblai qui devait supporter des ensembles d'habitation est resté dans l'état initial et ne fait que favoriser la turbidité des eaux lors des orages.

Le bassin nord ne présente qu'une très faible circulation d'eau. Les pontons flottants installés apparaissent peu résistants puisque plusieurs éléments se sont détachés et tendent à couler.

IV - Synthèse.

On peut considérer les éléments suivants :

- Ouvrages de protection, ils sont bien conçus et bien réalisés (sécurité maximale),
- Fonds marins, envasement, destruction de l'herbier de Posidonies,
- Bassin sud, pas d'agitation, bonne circulation des eaux, appointements de qualité,
- Chenal de raccordement et bassin nord, pas d'agitation mais stagnation des eaux, quais flottants se dégradant,
- Aménagements annexes et vie sociale. Le bassin sud très bien aménagé, ce plan d'eau comporte tout ce que peut désirer un plaisancier. Le bassin nord ne comprend aucune structure d'aménagement. Les terre-pleins sont laissés à l'abandon.

V - Conclusion.

Sur ce site, on peut voir les deux extrêmes de ce qui peut se faire en aménagement d'installation portuaire. Le bassin sud présente toutes les caractéristiques d'un port bien conçu et bien géré. Le bassin nord apparaît comme une erreur tant du point de vue réalisation que gestion. L'option initiale de complexe immobilier et portuaire n'a pu être menée à bien et le chantier est resté dans l'état initial.

C'est aussi pour prévenir de telles choses qu'ont été instaurées les études d'impacts qui comportent un volet socio-économique non moins important que les autres.

B - LE PORT DU LAVANDOU.

I - Type d'ouvrage.

Actuellement, le port du Lavandou se compose d'une jetée Est-Ouest de 275 mètres de long dont l'extrémité Ouest se situe à 200 mètres du rivage.

Un projet d'agrandissement prévoit une extension de 400 mètres vers l'Est sur le littoral rocheux. A l'Ouest, l'éloignement du rivage serait alors de 325 mètres, à l'Est de 125 mètres environ.

II - Le site initial : description.

Le Port du Lavandou est situé à la limite de deux domaines :

- A l'Est une côte rocheuse et découpée d'orientation Est-Ouest. Les formations géologiques présentes appartiennent aux séries métamorphiques des Maures (gneiss migmatitiques de Bornes). Le matériel sédimentaire est en grande partie issu du démantèlement de ces formations.

- A l'Ouest un littoral sableux de direction Nord-Sud, long de 1 600 mètres et qui rejoint l'aménagement de Bornes les Mimosas.

A proximité du Lavandou, quatre épis ont été mis en place pour pallier à l'érosion. Cette érosion est liée à un transfert dominant Nord-Sud, amenant un colmatage au niveau de Bornes.

L'action de ces épis reste faible à nulle. Seul l'épi Nord, aidé par l'abri que constitue le Port du Lavandou a un rendement de 25 %.

a - Les conditions océanographiques.

Les vents :

Les valeurs statistiques établies à partir de relevés journaliers effectués par la Météorologie Nationale font apparaître deux régimes de vents dominants et alternants.

- Les vents d'Ouest qui demeurent encore prédominants en force et en direction (avec 28 % des valeurs annuelles). La composante Nord-Ouest représente 10 %.

- Les vents de secteurs Est et Nord-Est correspondent à près de 38 %.

Les houles :

De part sa position et du fait de la forme du rivage, le site du Lavandou est abrité en grande partie des actions du régime d'Ouest, bien que celui-ci puisse créer un fort clapot dans le plan d'eau. L'ouverture actuelle du port la met à l'abri des houles d'Est.

Les conditions les plus rudes se rencontrent de Novembre à Avril. Les amplitudes des houles peuvent atteindre 6 mètres. Les amplitudes significatives sont alors de 5 mètres.

:	:	:	:	:	:	:	:	:
: Etat de la mer :	1	2	3	4	5	6	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
: Creux en (m) :	0 - 0,25	0,25-0,50	0,50-1,25	1,25-2,50	2,50 - 4	4 - 6 m	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
: % annuel :	1,5	52,3	34,5	9,3	2,2	0,2	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
: % période hi-:	:	:	:	:	:	:	:	:
: vernale :	:	:	:	4,6	1,8	0,2	:	:
: Novembre-Mars. :	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:

Les plus fortes valeurs sont concentrées pendant la période hivernale (50 % pour 1,25 m à 2,50 m, 80 % pour 2,50 m à 4 m et 100 % pour 4 à 6 m de creux).

Les courants :

Le courant géostrophique permanent, assez lent (0,5 noeud) porte de l'Est à l'Ouest et se manifeste faiblement au littoral. Par vent de secteur Est, il est renforcé et peut atteindre 1,5 noeud aisément et parfois plusieurs noeuds. Des contres courants se mettent alors en place comme c'est le cas au niveau de Bormes. Les autres courants agissant sur la zone du Lavandou, sont essentiellement liés aux vents.

L'action des vents, de secteur Ouest, est faible, de façon directe, en raison de la forme du littoral. Généralement, ils chassent l'eau de surface vers l'Est et provoquent des courants de retour issus du fond se dirigeant vers l'Ouest.

Par vent d'Est, le vent allié à la houle pousse toute la masse d'eau, surtout à proximité du littoral. Elle cherche à s'échapper vers le Sud dans la partie Est - Ouest du littoral et suit le rivage dans son orientation Nord - Sud. Seul un petit contre courant est créé derrière le port du Lavandou, permettant le dépôt de particules fines piégées dans cet abri naturel. Il s'agit d'un courant d'expansion dans la "zone d'ombre" d'ouvrages portuaires, qui apporte par effet de diffraction des modifications dans la propagation de la houle.

La marée :

La marée réelle, très réduite, ne paraît pas avoir d'influence efficace. Amplifiée par des phénomènes de résonance, et alliée à d'autres éléments : forte houle, vent violent, basse pression ..., elle peut atteindre 0,60 à 0,80 m et augmenter l'agressivité du milieu marin.

b - Campagne de prélèvements.

Une campagne de prélèvements a été réalisée autour du port du Lavandou.

Elle comporte 40 prélèvements de sédiments effectués sur des radiales Nord - Sud à partir de la côte. Les radiales A et B sont distantes de 100 m, puis régulièrement espacées (150 m) de façon à couvrir les aménagements actuel et futur. Sur chaque radiale, les points de plongée et de prélèvements sont distants de 50 m. Un point supplémentaire (40) a été pris dans la zone très proche du port.

Méthodologie des prélèvements.

Les prélèvements ont tous été effectués en plongée en scaphandre autonome car ceci permet :

- une visualisation du peuplement occupant le fond,
- le repérage et la mesure des figures sédimentaires (rides, ripples marks, chenaux de déstages, tombants de mattes ...). Ces figures sont la marque de l'hydrodynamisme local. Leurs paramètres, liés à ceux des sédiments (diamètre moyen ...) permettent de définir le niveau d'énergie au fond.

c - Les types de fonds.

Deux principaux types de fonds se rencontrent sur le pourtour du port :

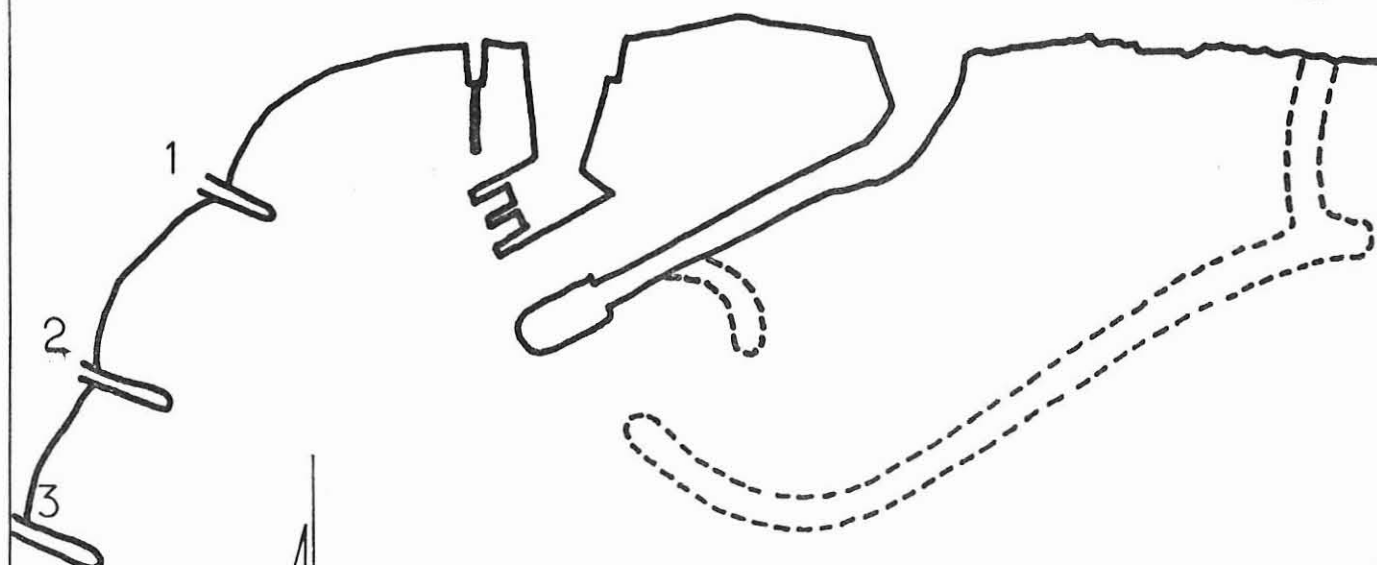
- Une large étendue sableuse à l'Ouest,
- L'herbier de Posidonies à l'Ouest.

La limite entre ces deux ensembles est progressive, de direction Nord - Sud. Elle se situe vers l'extrémité Ouest de la jetée actuelle. Chacun des deux ensembles présente des variations. Les sables varient des sables grossiers aux sables très fins.

L'herbier dense au large laisse place à proximité des ouvrages et du littoral rocheux à des sables plus ou moins grossiers. En outre, à ce niveau, il peut être entaillé par des chenaux et présenter des structures particulières qui seront détaillées plus loin.

d - Les sédiments.

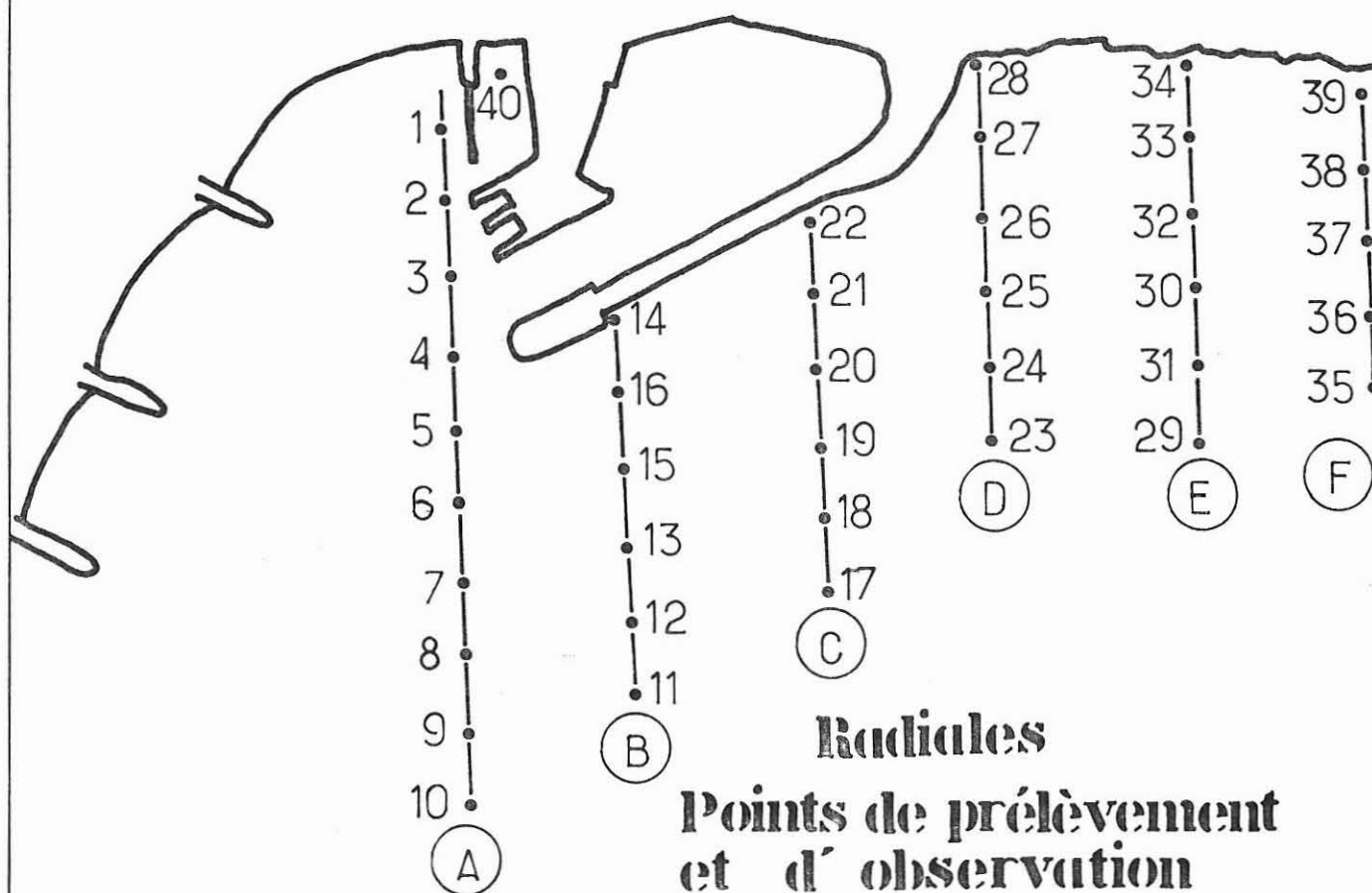
L'étude des sédiments est restée à un stade préliminaire. Il est possible d'en tirer les éléments suivants :



plan d'ensemble

— état actuel
 - - - état projeté

0 50 100 200 m



Radiales

Points de prélèvement
 et d'observation

- Radiale A : Elle occupe uniquement l'étendue sableuse. Elle débute par 10 m de fond avec des sables moyens à grossiers qui font place vers 5 m de fond (au niveau de l'ouvrage actuel) à des sables fins à très fins.

- Radiale B : Elle traverse successivement les deux ensembles de sable et d'herbier qui s'interpénètrent à ce niveau. Le sédiment est un sable moyen au large et un sable fin à proximité de l'ouvrage.

- Radiales C - D - E - F :

L'herbier de Posidonies est uniforme au large. Le sédiment hétérogène est composé d'éléments détritiques et de la production biologique. A proximité du littoral, le sable plus fin en C, contre l'ouvrage, est nettement plus grossier en D, E, F, contre le littoral rocheux.

e - Figures sédimentaires.

Seules les radiales A, B, C, présentent des particularités liées à l'ouvrage, aux conditions océanographiques et au type de fond marin.

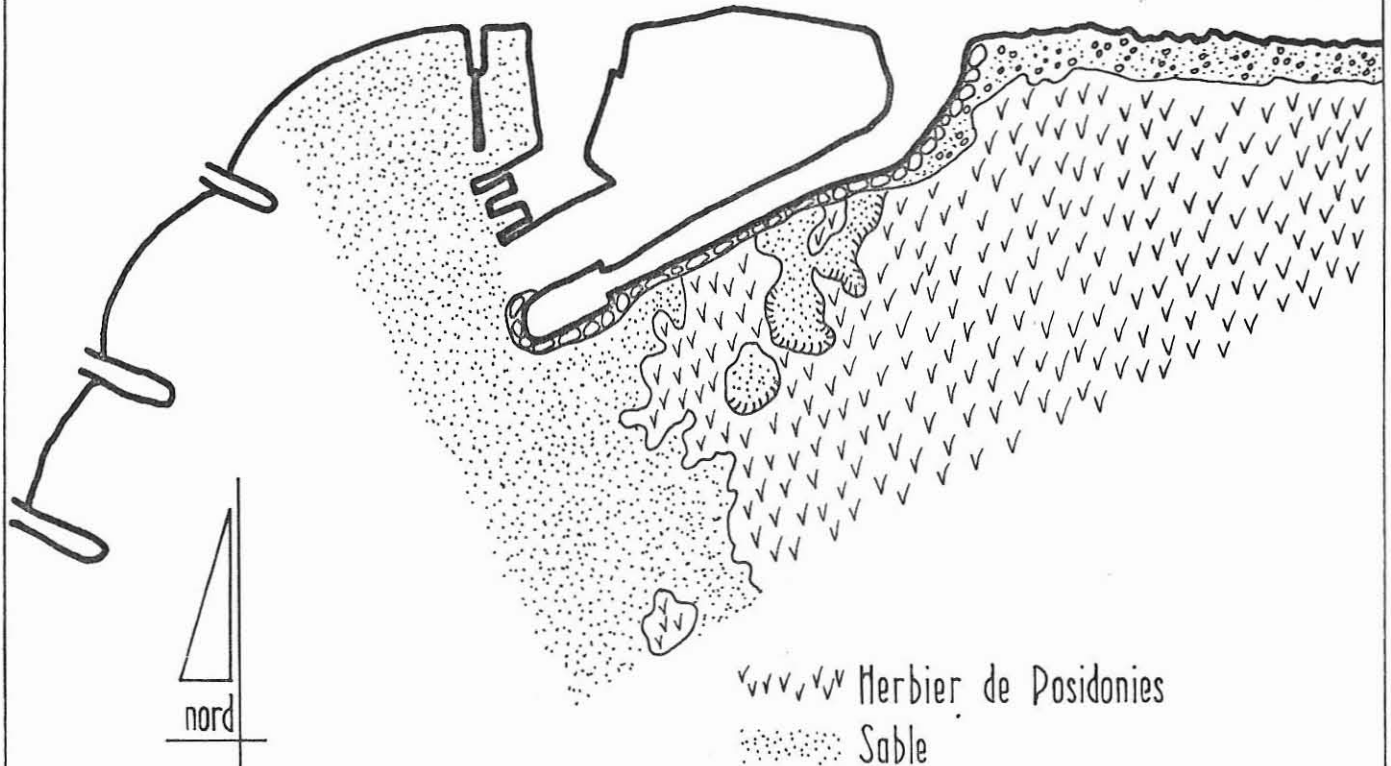
Les figures sédimentaires sont de trois ordres :

- Les rides,
- Les rides et taches de sable,
- Les chenaux et fronts d'érosion.

* Radiale A.

Les fonds sableux sont marqués de rides dont les caractéristiques sont variables.

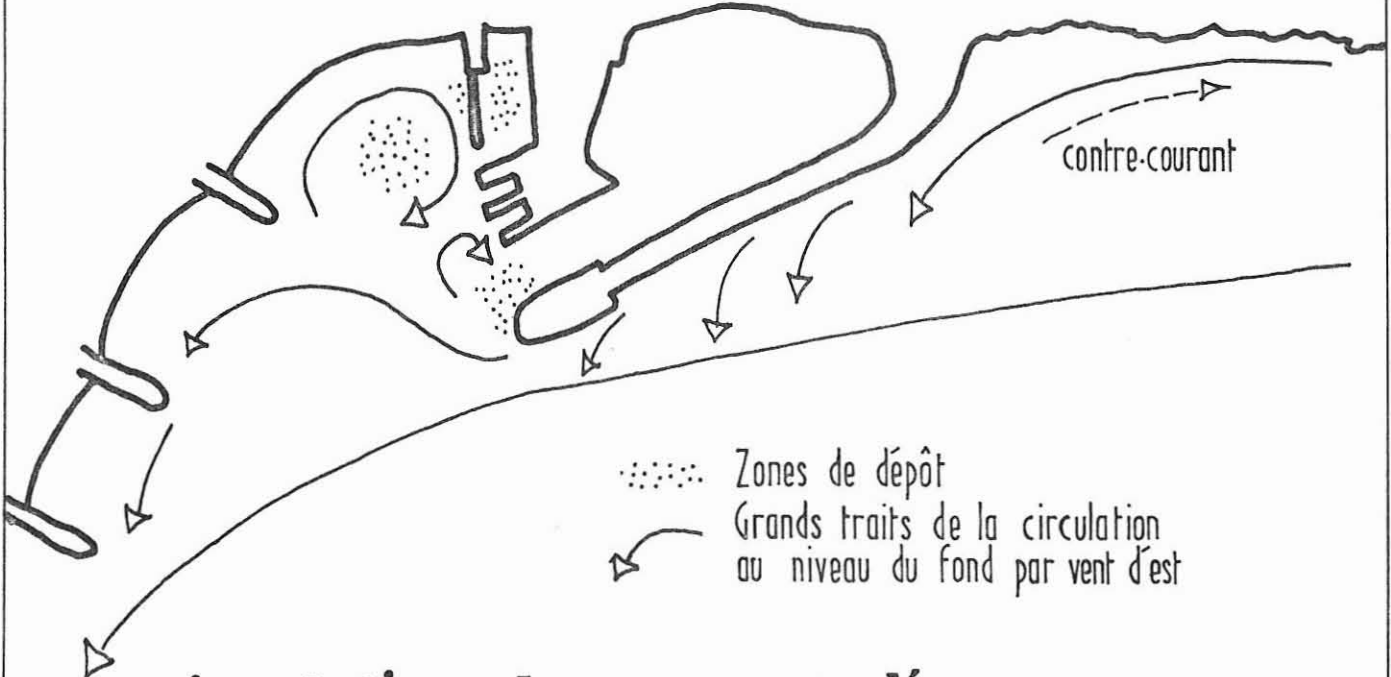
Ech.	Dia 50°/o	V	RD	L	H	P
10	0,600	0,55	NS	20	3	10,0
7	0,410	0,46	NS	30	4	7,3
5	0,420	0,45	NS	20	3	6,2
4	0,840	0,48	NS	60	8	5,6
3	0,185	0,40	NS	12,5	1	4,8
2	0,105	0,35	NS	10	0,5	4



Nature des fonds

- vvvvvvvvv Herbier de Posidonies
- Sable
- Sable grossier
- ooooo Enrochement
- ~~~~~ Tombants de matie

0 50 100 200 m



- Zones de dépôt
- ↖ Grands traits de la circulation au niveau du fond par vent d'est

Circulation des masses d'eau

- Ech. : Point d'observation sur la radiale A,
Dia. : Diamètre du sédiment à 50 % (médiane),
V. : Vitesse du début d'entraînement des particules,
Rd. : Direction des rides (Nord - Sud),
L. : Longueur d'onde des rides en cm,
H. : Amplitude des rides en cm,
P. : Profondeur d'eau en m.

On constate que la direction des rides est Nord - Sud ; donc la dérive est générale d'Est en Ouest.
Les autres paramètres permettent de définir les niveaux d'hydrodynamisme résultants sur cette radiale.

Points	Hydrodynamisme
10 - 9 - 8	Très fort
7 - 6	Fort
5 - 4	Fort à très fort
3	Moyen à faible
2 - 1 - 40	Faible à nul

* Radiale B.

Les rides se poursuivent dans les langues de sable qui coupent l'herbier. Les zones sableuses ont une orientation préférentielle N - E, S - O et vont en s'élargissant vers le S - O. Ceci, associé à un sédiment grossier, montre que l'hydrodynamisme est fort et que son action s'effectue en éventail autour d'un axe moyen correspondant à l'action des houles dominantes (E - S - E) et à leur réflexion sur la jetée.

A proximité de la jetée, on constate une nette diminution de la taille du sédiment (sable fin) et la présence de très fines rides. Il est possible qu'il s'agisse d'une atténuation de l'énergie au niveau de l'ouvrage, d'un transfert de sédiment le long de l'ouvrage ou d'un dépôt temporaire lié aux calmes estivaux.

Il faudrait, pour lever l'incertitude, faire des prélèvements à la fin de l'hiver (Mars, Avril).

* Radiale C.

Comme dans le cas précédent, on note une diminution nette de l'hydrodynamisme au littoral. Plus vers le large, on remarque la présence de chenaux bien marqués dans l'herbier. Leur direction est la même que celle des tâches sableuses N - E ↔ S - O, et à les mêmes causes.

Les chenaux, témoins d'une forte érosion, s'élargissent vers la profondeur et se terminent par des fronts d'érosion, parallèles à la jetée et dirigés vers elle. Ces figures, nommées "tombants", sont taillés dans les racines de Posidonies (matte) et peuvent varier entre 0,50 et 1,20 m de hauteur.

III - Impact de l'ouvrage.

a - Impact de l'ouvrage actuel sur le milieu marin.

L'ouvrage actuel provoque donc les phénomènes suivants :

- Transfert et dépôt le long de l'ouvrage,
- Déviation de ces transferts vers le large et création de fronts d'érosion dans l'herbier (direction NE - SO),
- Dépôt de particules fines à l'abri de l'ouvrage avec zones de putréfaction temporaires,
- Engraissement léger de la plage au niveau du premier épi.

b - Impact de l'ouvrage prévu sur le milieu marin.

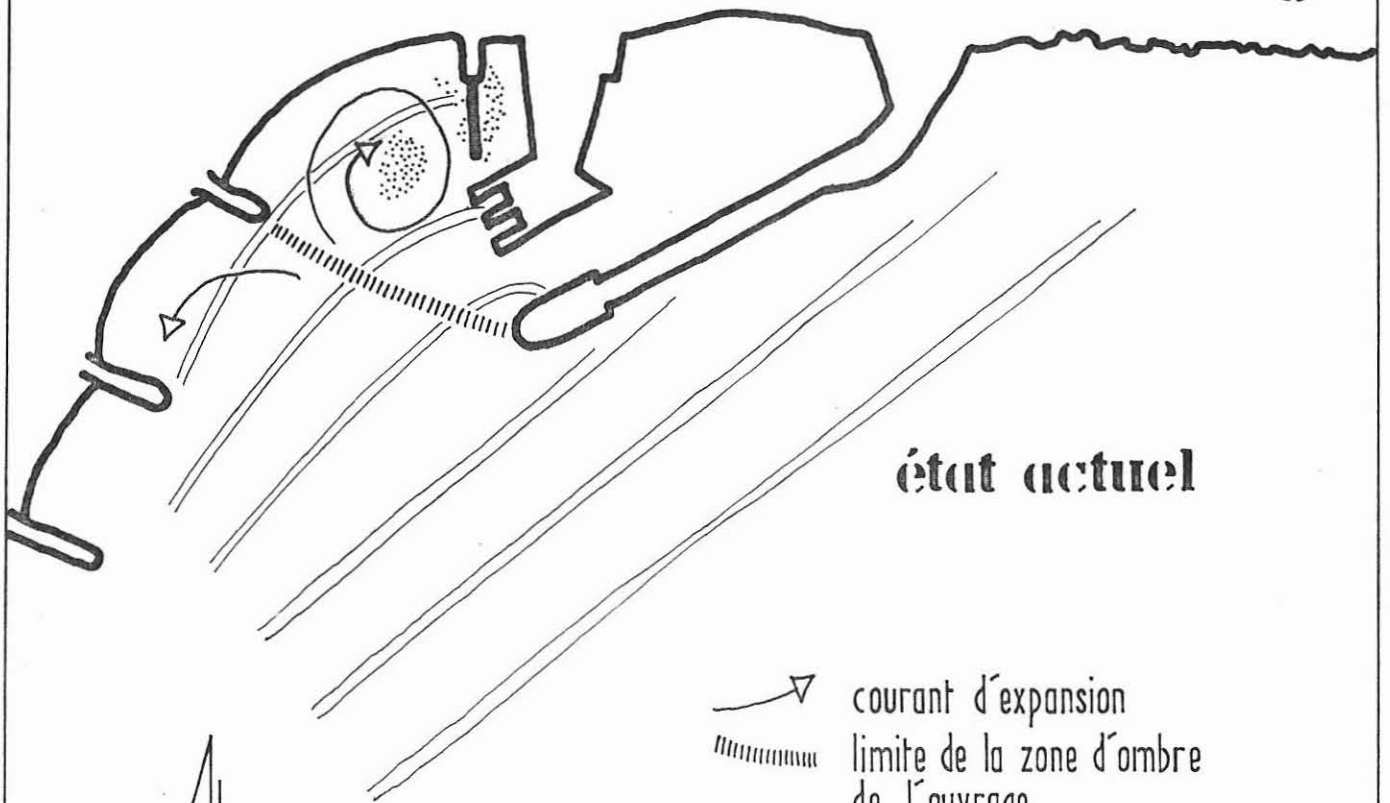
Il est possible de définir un certain nombre de modifications du milieu marin.

1 - L'herbier :





Restructuration de l'herbier dans la zone proximale de l'ouvrage.

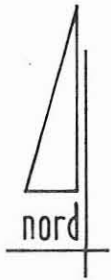
- Mise en place d'un chenal longitudinal,
- Création de structures identiques à celles réalisées autour de l'ouvrage actuel :
 - Chenaux d'axe N.E. - S.O.,
 - Fronts d'érosion dans leur partie profonde.

Ces structures devraient être plus réduites en raison de la profondeur plus importante (formule de Lagrange : Celerite = f (Racine carrée de la profondeur)).

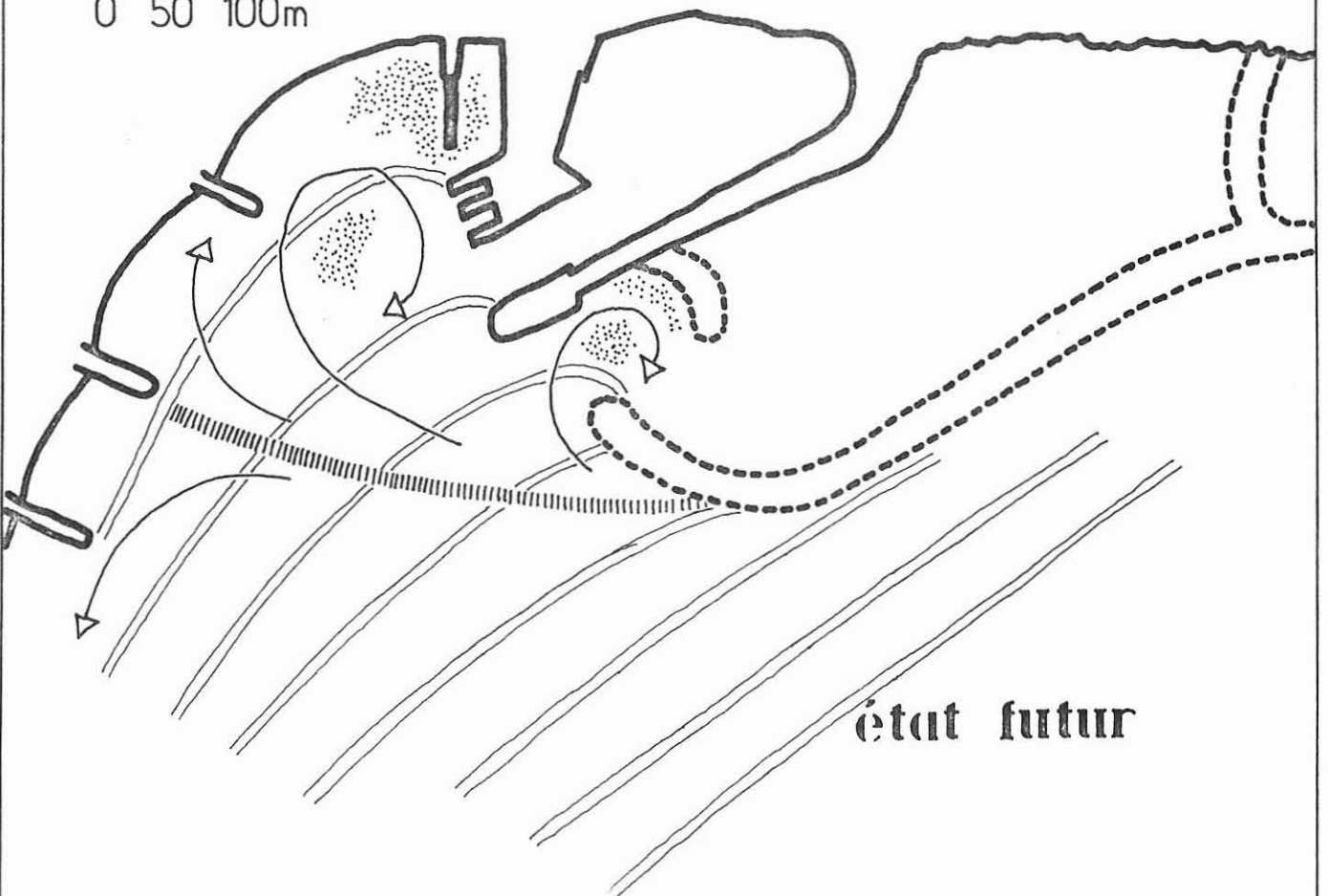


état actuel

-  courant d'expansion
-  limite de la zone d'ombre de l'ouvrage
-  zone de dépôt
-  côte de houle



0 50 100m



état futur

2 - Le dépôt des fines :

Le schéma présent actuellement va se déplacer en fonction du nouvel ouvrage.

Actuellement, la "zone d'ombre" s'étend jusqu'à l'épi 1. L'ouvrage devrait la déplacer jusqu'à l'épi 2. L'érosion actuelle devrait donc s'y atténuer.

Le courant d'expansion suivra un circuit semblable, mais plus large avec dépôt des fines en son centre et sur le côté Est avec tendance à l'élargissement et risques plus importants de putréfaction. Dans la passe du nouveau port, on peut craindre un dépôt en raison de l'absence de circulation des eaux.

c - Critique de l'ouvrage prévu.

1 - Le dépôt des fines et ses conséquences vient d'être exposé.

2 - La jetée Est, de direction N. S., sa forme et ses caractéristiques apparaissent comme dangereux pour l'ouvrage lui-même et pour les structures qui seront installées sur les terre-pleins en arrière.

En effet :

- Elle est directement exposée aux houles dominantes Est et Sud, de façon frontale,

- A proximité de l'ouvrage, la profondeur est de 6 mètres, et elle passe rapidement à 9 mètres. La pente est trop forte pour permettre un bon amortissement des houles,

- Les isobathes actuels sont perpendiculaires à l'ouvrage. Le meilleur amortissement des houles est obtenu lorsqu'il y a parallélisme entre l'ouvrage et les isobathes (Loi de Lerwis),

- La position de l'ergot de la jetée principale va permettre une réelle concentration ("chenalisation") de l'énergie de la houle dans cette zone,

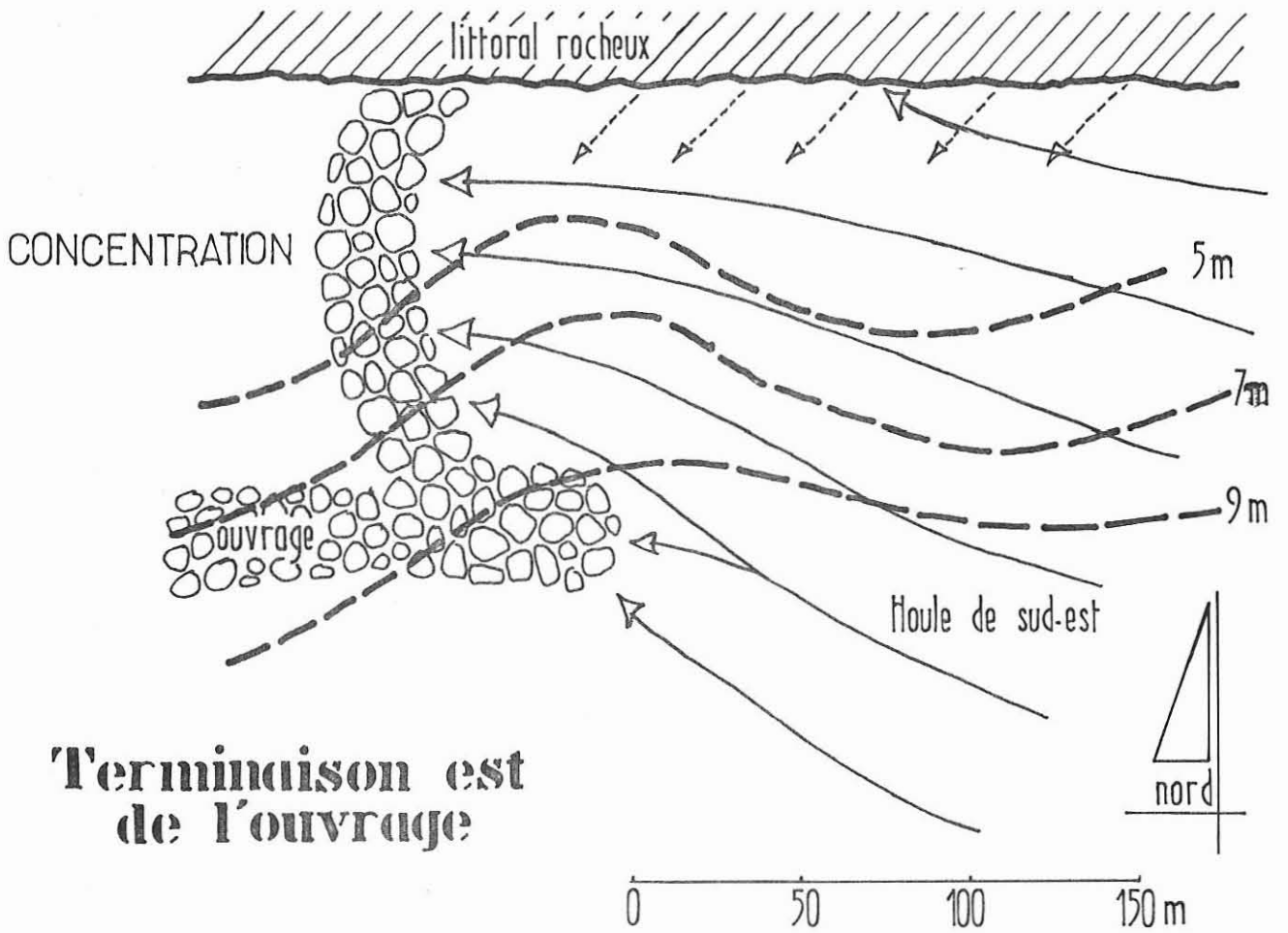
- L'agitation normale va être accentuée par les effets de réflexion sur les parois (littoral rocheux et ergot),

- Enfin, la jetée est prévue seulement à une hauteur de 4 mètres, alors que partout ailleurs, elle est de 5 mètres.

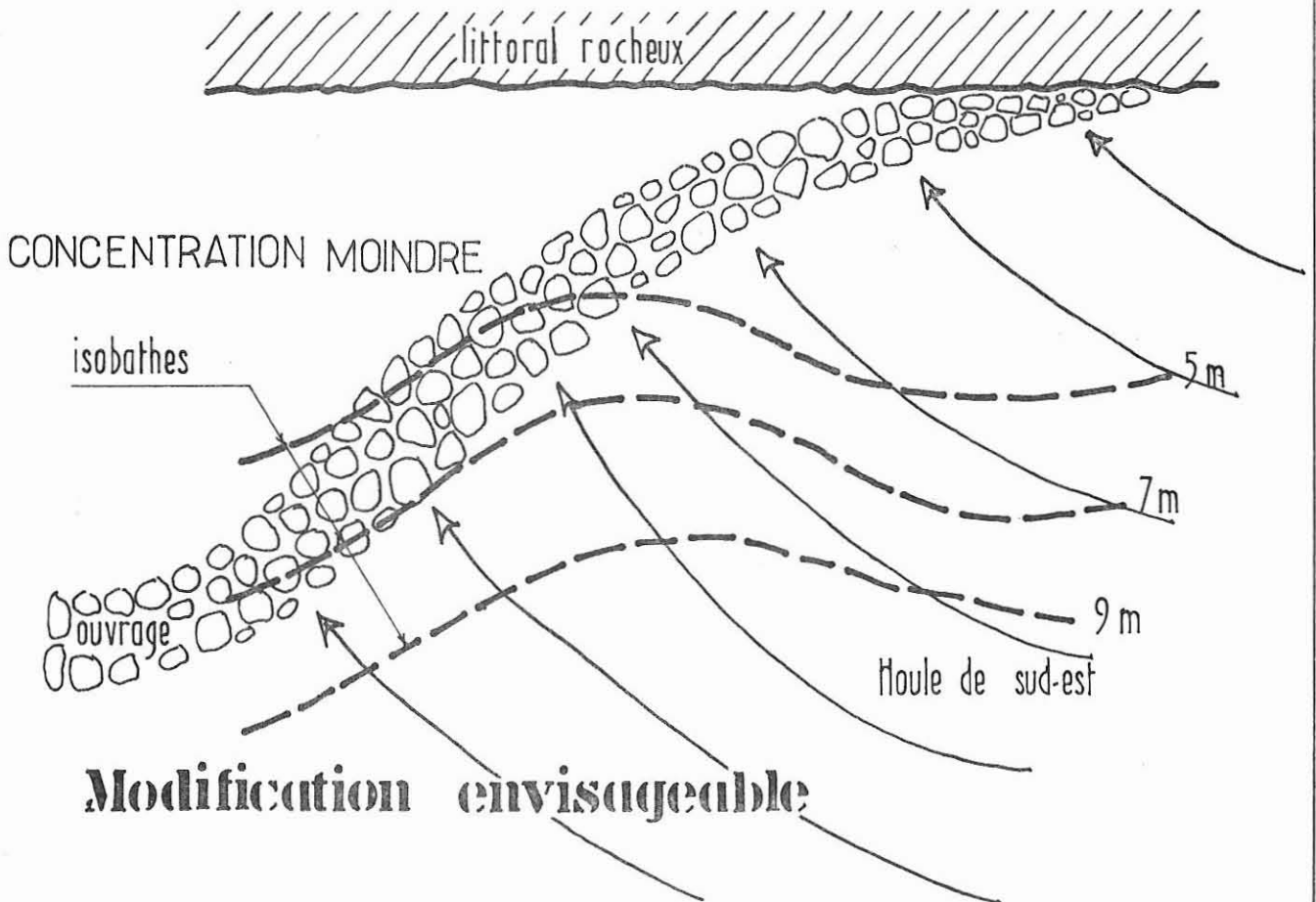
On pourrait donc penser que par grosse tempête, cette jetée serait susceptible de servir de tremplin aux grosses lames, dont l'action directe ou simplement par embruns peut être très néfaste (surtout pour les terre-pleins et les aménagements).

Modifications envisageables.

* Sans modifier la forme initiale de l'ouvrage :



Terminaison est de l'ouvrage



- Renforcement et allongement du pied de la digue
- Exhaussement de la hauteur,
- Mise en place d'un déflecteur (embruns, vagues).

* En modifiant la forme de l'ouvrage vers une structure plus souple, tout en conservant les majorations des caractéristiques envisagées pour cette partie de la jetée (5 m de haut et déflecteur).

CHAPITRE 3

LES PLAGES ARTIFICIELLES

A - Les plages artificielles du Mourillon (Toulon)

B - Les plages artificielles du Prado (Marseille)

C - Les plages artificielles de La Ciotat.

CHAPITRE 3 - LES PLAGES ARTIFICIELLES.

A - LES PLAGES ARTIFICIELLES DU MOURILLON (TOULON).

L'étude de ce site a fait l'objet d'un contrat passé avec la Société Provençale d'Equipement (Toulon). Quelques compléments ont été apportés dans le présent rapport.

I - Type d'ouvrage et travaux.

Les aménagements du Mourillon sont pris sur la mer (16 ha environ). Ils se composent de remblais limités vers le large par trois digues frontales. La forme actuelle, mise en chantier en 1964, est en cours de transformation dans sa partie Ouest (vers le Fort Saint Louis) et doit être complétée dans sa partie Est (vers le Cap Brun) par la réalisation d'un plan d'eau réservé aux évolutions des dériveurs.

* Les travaux.

- Conception et réalisation.

Débutés en 1964, les travaux ont comporté la construction de trois digues frontales formant deux anses artificielles grâce à un remblayage important.

. Les matériaux de remblai.

Les matériaux de remblai ont été des débris divers provenant de différents chantiers de démolition (plâtras, briques, carrelages, planches ...) et de déchets rejetés par des particuliers (réfrigérateurs, sommiers, pneumatiques ...). Cette décharge a été recouverte de phyllades et d'argiles provenant de travaux de terrassements locaux.

Cette couverture est imperméable et constitue un borbier lors de fortes pluies. Ce borbier a été atténué par des apports de graviers calcaires concassés.

. Les apports sableux des plages.

Des sables calcaires, du sable de carrière de Sainte Anne d'Evenos et des sédiments marins du port de Bornes les Mimosas ont successivement été mis en place.

Des erreurs dans les caractéristiques granulométriques des sédiments initiaux ont posé des problèmes et nécessité des recharges successives.

. Les digues frontales.

Disposés de façon anarchique au départ, les blocs composant les digues frontales ont été redistribués.

Cette restructuration et le renforcement de certaines parties fait que ces ouvrages ont une bonne tenue générale.

Le déplacement de l'embouchure de l'Eygoutier à l'extrémité de la digue Ouest est récent.

II - Descriptif du site.

a - Les conditions océanographiques.

Les vents :

* Direction.

Les données obtenues sur de longues périodes auprès du Service Météorologique National permettent de définir dans la région de Toulon deux régimes de vents dominants et alternants. Ce sont :

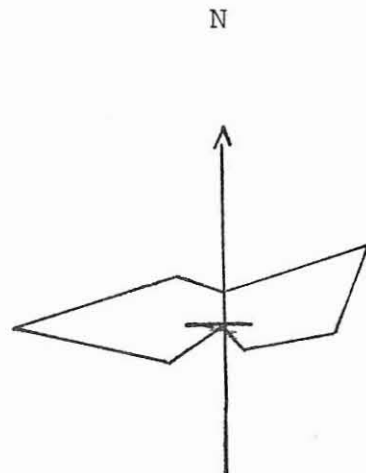
- D'une part : les vents de secteur Ouest - Nord Ouest (Mistral) issus de la vallée du Rhône et dont l'action reste marquée jusqu'à Saint Raphaël,

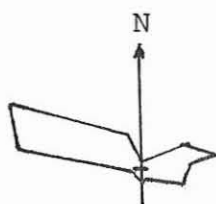
- D'autre part : le régime d'Est - Nord Est lié aux basses pressions du golfe de Gènes, et qui se fait sentir fortement sur toute la côte provençale.

La région de Toulon est une zone de transition subissant alternativement les deux régimes.

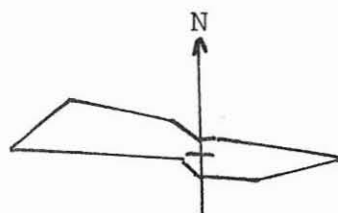
Un diagramme général donne les valeurs suivantes :

Vent	%
N	5
NW	10
W	28
SW	7
S	0
SE	3
E	15
NE	23
calme	9





TOULON - LA MITRE 1947-1966



TOULON - CEPET 1946-1960

La comparaison entre les deux stations de Toulon (Cap Cepet et La Mitre) montre une grande similitude avec les deux régimes principaux Nord - Nord Ouest et Est - Nord Est représentant chacun 38 % des valeurs enregistrées.

* Vitesses.

Les vitesses de vent, mesurées au Cap Cepet et La Mitre, montrent une certaine divergence.

VITESSE DU VENT en m/s	TOULON CAP CEPET	TOULON LA MITRE
0 - 1	18,4 %	0,2 %
2 - 4	27,1	1,6
5 - 6	17,1	9,4
7 - 14	34,6	50,2
15 - 21	2,7	24,2
21 - +	0,1	14,4

Ceci est dû à la position des deux enregistreurs, le Cap Cepet étant plus ouvert sur la mer et La Mitre en position plus abritée.

Néanmoins, on constate que les valeurs les plus fréquentes se situent entre 7 et 14 m/s. Cependant, il est intéressant de remarquer qu'en dessous de 7 m/s, la station de La Mitre, très proche du Mourillon, est peu concernée. Donc, les calmes sont importants et le renouvellement de l'eau est faible.

Les houles :

* Généralités.

L'action du vent sur la surface de l'eau se traduit par l'induction

de houles. L'énergie transmise à la masse d'eau influe sur le sol sous-marin par remise en mouvement des particules sédimentaires, leur transport et leur sédimentation. Ces phénomènes sont très importants sur les fonds entre la surface et 20 mètres de profondeur.

Si les régimes de vent d'Est et d'Ouest se compensent en durée d'action, il n'en est pas de même pour la distance sur laquelle ils agissent avant d'atteindre la zone du Mourillon.

Par régime d'Ouest, les houles induites au Sud du Delta du Rhône viennent se freiner au niveau des Caps Sicié et Cepet. Elles tournent autour de la presqu'île de Saint Mandrier. La perte d'énergie qu'elles subissent est importante.

En outre, elles viennent se heurter à la houle courte induite dans la Rade des Vignettes par les mêmes vents à partir de la grande Digue qui protège la Rade de Toulon.

Par régime d'Est, les houles issues du golfe de Gènes viennent tourner autour de Porquerolles et de Giens. Leur changement de direction est assez faible et leurs effets sont beaucoup plus importants entre le Cap Brun et la Petite Passe de la Rade de Toulon. Ces houles sont plus grosses et plus longues.

* Caractéristiques des houles.

Le tableau suivant donne les valeurs :

- des périodes : T en seconde,
- des longueurs d'onde au large : L_1 (en m),
- des hauteurs de houle au large : H_1 (en m),
- des vitesses du vent : W (en m/s),
- des profondeurs d'amortissement de la houle : PA (en m),
- des profondeurs de réfraction : PR (en m),

pour des régimes de mers moyennes, grosses, fortes, et maximales.

	T	L_1	H_1	W	PR	PA
moyenne	4 s	25 m	0,5 - 0,1	5,5 - 8	27 m	13 m
grosse	6 s	56 m	1,3 - 2,5	11 - 12,5	60 m	28 m
forte	7 s	77 m	2,5 - 4,5	11,5 - 15	80 m	39 m
max.	8,2 s	88 m	4,5 - 6,0	+ de 15	90 m	45 m

Les valeurs obtenues pour les vitesses de vent donnent un maximum entre 7 et 14 m/s, ce qui correspond à des mers grosses à fortes.

* Conclusion.

Il semble que c'est le régime d'Est qui peut créer le plus de perturbations au niveau des aménagements du Mourillon.

Par contre, on peut remarquer que par régime d'Ouest, cette zone est relativement abritée en raison des reliefs littoraux au Nord et Nord Ouest, de la protection de la Grande Jetée à l'Ouest et des obstacles à la propagation des houles au Sud (Saint Mandrier).

Tous ces éléments vont en partie conditionner les courants, la sédimentation et les peuplements occupant les fonds autour des aménagements actuels et futurs du Mourillon.

b - La circulation.

Influence du régime d'Ouest :

Comme nous venons de le voir, l'influence du régime d'Ouest est limitée par plusieurs facteurs :

- Présence de reliefs littoraux au Nord et Nord Ouest,
- Protection de la Grande Jetée à l'Ouest,
- Obstacles à la propagation des houles au Sud.

1 - Action des reliefs.

L'action du vent sur la masse d'eau ne se marque qu'au bout d'une certaine distance d'action nommée "FETCH".

La présence de reliefs augmente cette distance d'apparitions des premières rides et détermine une zone de calme relatif à proximité du littoral. Ce phénomène est présent au niveau du Mourillon par vent de secteur Ouest - Nord Ouest.

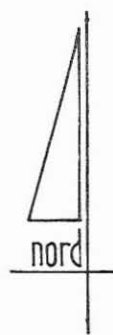
Plus au large, le vent "tire" les eaux de surfaces et provoque des remontées d'eau de fonds vers le rivage.

Ces deux actions conditionnent un renouvellement faible au littoral et un dépôt de particules fines nuisibles à une bonne régénération des fonds.

2 - Action de la Grande Jetée.

Elle joue à peu près le même rôle par régime d'Ouest - Nord Ouest car elle constitue un écran protecteur derrière lequel la circulation est faible et ici encore plus, car la profondeur est plus grande.

Construite après 1875, c'est-à-dire vieille d'environ un siècle, son action, lente au départ, a pu s'accroître au cours des vingt dernières années, en raison de l'apparition d'autres facteurs : polluants, hydrocarbures agissant sur la faune et la flore.



LE MOURILLON


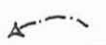


LE MOURILLON

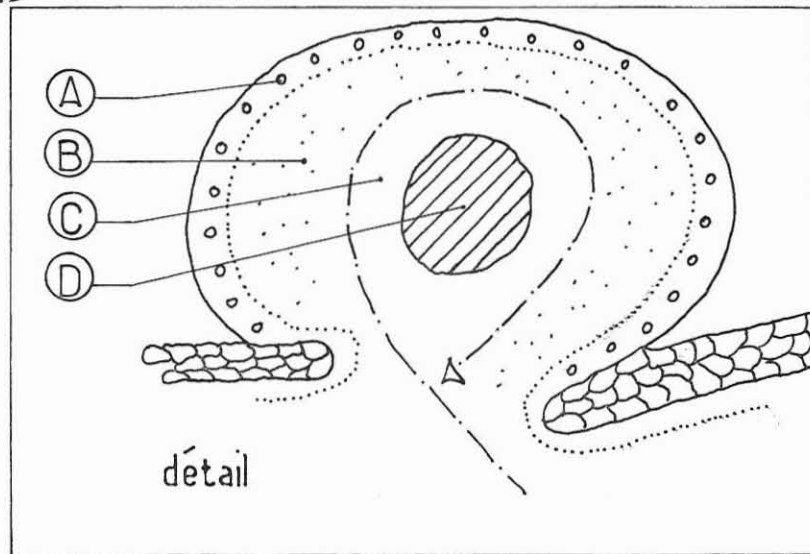
CAP BRUN

LA MITRE

10m

20m

-  Panaches turbides
-  Courants littoraux
-  Dérive générale
-  Isobathes



Grands traits de la circulation des eaux
par régime de vent d'est

0 500 1000 m

3 - Obstacles à la propagation des houles au Sud.

Pour le régime de houles d'Ouest, la presqu'île de Saint Mandrier joue un rôle d'écran et de frein.
En outre, la houle courte engendrée dans la Grande Rade vient aussi contrer l'action de cette houle du large.
Néanmoins, les houles agissent de façon perpendiculaire au rivage du Mourlon et des courants de fond en repartant vers le large, créant des structures particulières : chenaux, rides ...

Influence du régime d'Est :

L'action du régime d'Est est nettement plus directe sur la portion du littoral entre le Cap Brun et le Port Saint Louis. Elle se marque à divers niveaux :

- Au large,
- Au niveau des ouvrages déjà réalisés,
- Au niveau de la zone non encore aménagée à l'Est des ouvrages.

Au large : La schématisation de la circulation peut être la suivante :

Le déplacement des masses d'eau s'effectue de façon générale d'Est en Ouest ; tend à tourner vers le Sud (parallèlement à la Grande Digue) pour se diriger vers Saint Mandrier et ressortir d'Ouest en Est.

Au niveau des ouvrages déjà réalisés, la circulation d'Est en Ouest se maintient. Dans les alvéoles, on a des contre-courants isolant des cellules de décantation.

Le schéma général dans un alvéole se présente de la façon suivante :

- Sédiment moyen à grossier sur la frange littorale en raison de la faible profondeur, de l'agitation due au déferlement et aux remises en mouvement aisées (A).

- Dépôt de sables fins à très fins et localement de lutites (vases) lui faisant suite formant une bande continue plus ou moins large suivant les gradients d'agitation (B).

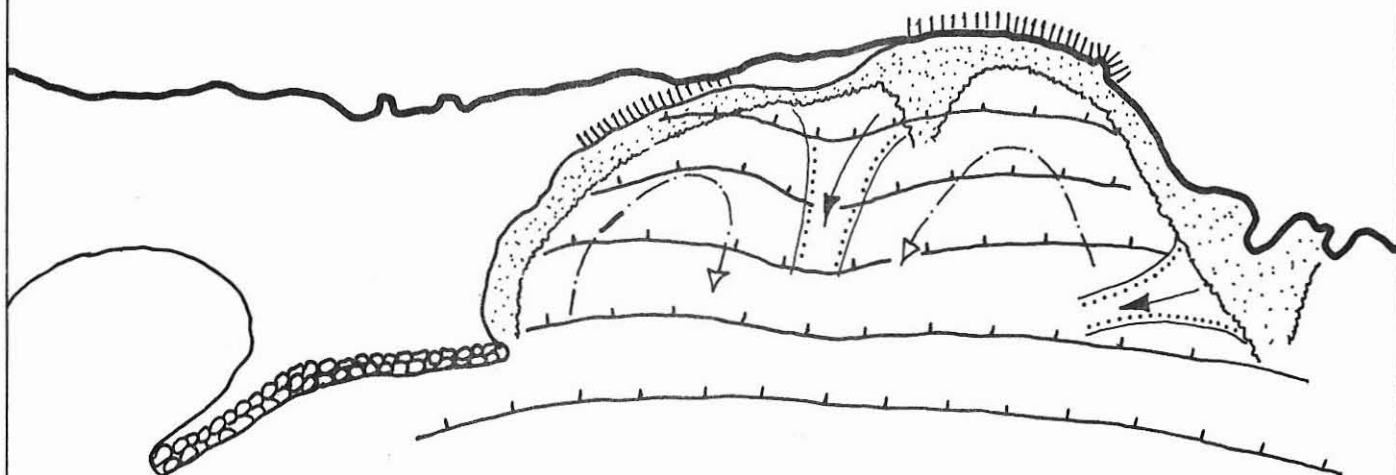
- Zone de sable moyen correspondant au tracé préférentiel des courants. Cette zone peut disparaître en été en raison des calmes prolongés (C).

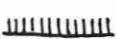




- Zone envasée au centre, correspondant à une zone profonde et plus calme facilitant les dépôts de particules fines (D).

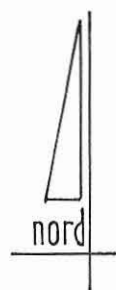
Les modalités de circulation et de dépôt sont similaires entre la digue frontale et le Fort Saint Louis.

On retrouve un schéma semblable pour tous les ouvrages de ce type. Les dépôts de particules fins conduisent à une eutrophisation et à

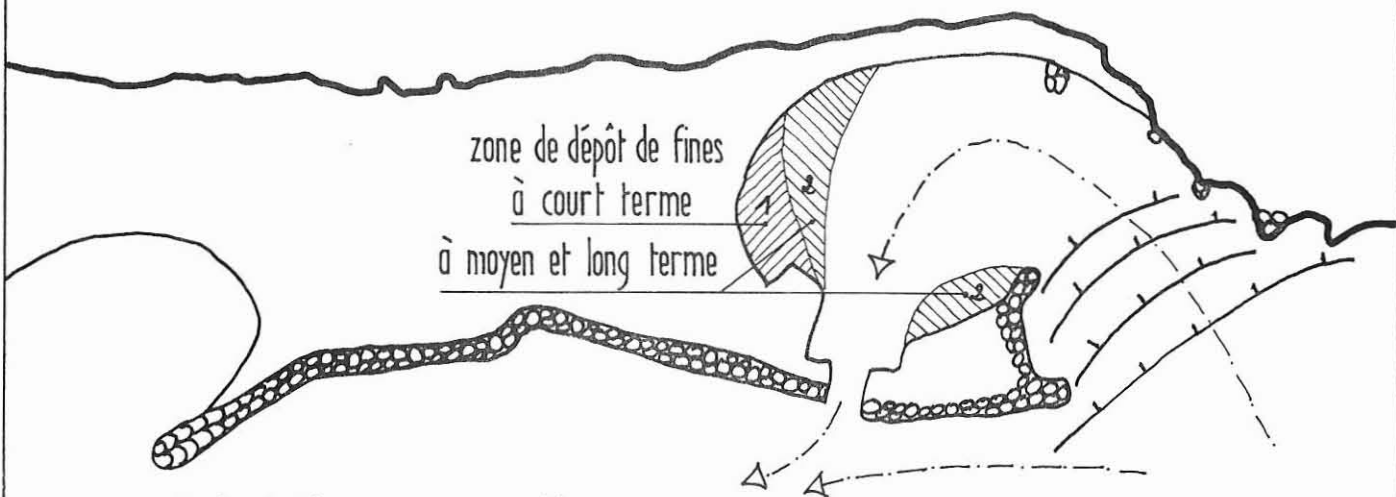
LE MOURILLON

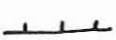



-  Zone littorale à croissants de plage
-  Frange littorale brassée par les vagues
-  Panache turbide
-  Houles incidentes par régime d'est
-  Courants induits au littoral



**Schéma actuel
de la circulation des masses d'eaux
par vent d'est**



-  Houles incidentes par vent d'est
-  Courants induits au littoral

0 50 100 m

**Schéma futur
de la circulation des masses d'eaux
par vent d'est**

une putréfaction des fonds qui n'est pas en accord avec les normes sanitaires souhaitées et constitue une nuisance importante pour le touriste.

Les solutions sont difficiles à trouver car elles n'allient pas efficacité et sécurité :

- Une ouverture plus large faciliterait trop le départ des sédiments,

- La mise en place de buse d'écoulement régénératrice de l'eau pourrait être dangereuse pour les baigneurs (aspiration),

- La rupture des jetées n'a jamais été tentée et ses effets sont imprévisibles.

Au niveau de la zone non aménagée située à l'Est des ouvrages et devant être transformée, le schéma de circulation est conditionné actuellement par le littoral naturel, par la bathymétrie et par la partie Est des ouvrages (digue frontale et remblai).

L'observation des phénomènes par houle d'Est permet de définir les grands traits de la circulation dans cette zone (schéma).

Naturellement, les crêtes de houle cherchent à épouser les lignes d'égale profondeur et la forme du littoral.

Dans le cas présent, les variations trop rapides, la présence d'une avancée rocheuse à l'Est et de l'ouvrage à l'Ouest font que les crêtes de houles atteignent le littoral à l'Est et à l'Ouest de façon presque simultanée. Les trains de houles sont freinés sur ces deux éléments et s'incurvent. Au centre, le retard et l'amortissement sont plus lents et mieux réalisés.

Ces phénomènes conditionnent la forme du littoral meuble avec création de deux anses distinctes.

Les courants dans chaque zone longent le littoral et au niveau de leur jonction s'effectue un départ vers le large de façon oblique dans la zone d'amortissement.

Au centre de la zone limitée par ce courant à l'Ouest, on constate un important dépôt de particules fines issues du remblai. La circulation est similaire à celle rencontrée dans les alvéoles.

c - Les fonds, peuplements et sédiments.

* La zone aménagée.

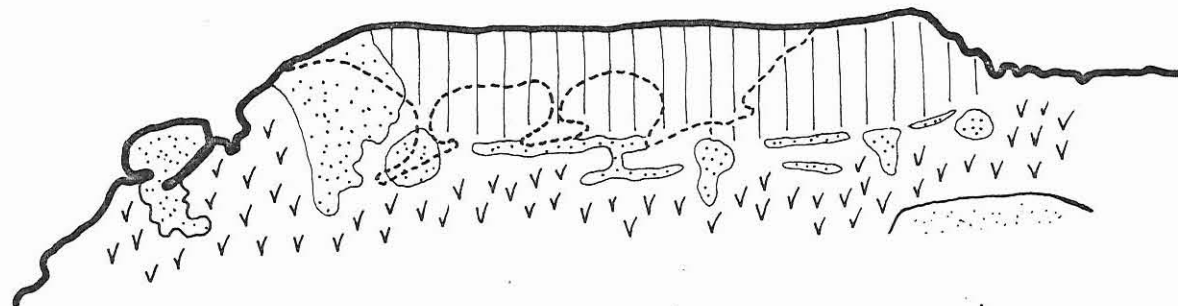
1 - Généralités.

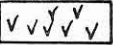
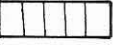
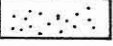

La rade des Vignettes a déjà fait l'objet de deux campagnes d'observations des fonds réalisées en coordination par la commission extra-municipale ECOMAIR et la Marine Nationale.

- de Mai à Novembre 1973,
- de Juillet 1977 à Avril 1978.

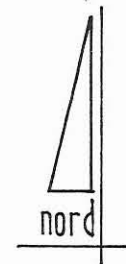
LE MOURILLON

1953

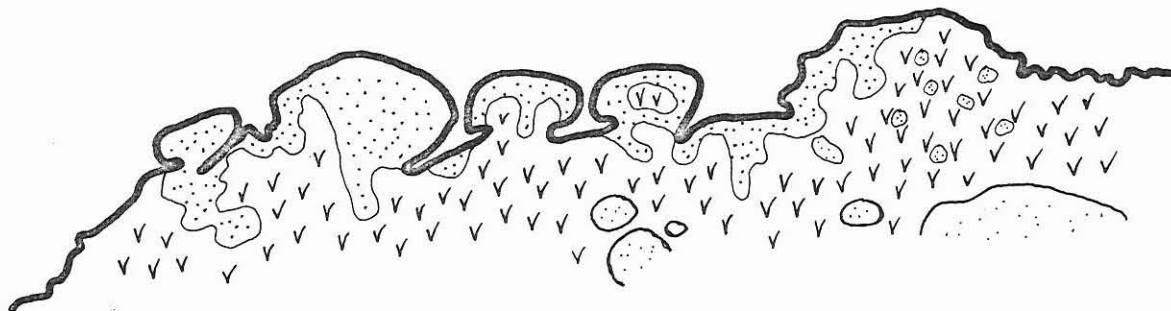


-  Herbier de Posidonies
-  Récif barrière
-  Sable
-  Ouvrage

0 500 1000 m



1976



Photographies aériennes : étude comparative

Les résultats de la première campagne sont publiés, ceux de la deuxième sont sous presse.

La zone prospectée couvre les aménagements actuels et futurs du Mourillon et va jusqu'aux fonds de 20 mètres.

Au vu de ces documents, et d'autres sources, il est possible de tirer un certain nombre d'éléments.

2 - Etude comparative des photographies aériennes de 1955 et 1976.

On remarque sur ces photos la présence de structures circulaires dont l'origine est encore douteuse.

La mission réalisée en 1976 fait apparaître les éléments suivants :

- Au niveau du Port Saint Louis et de l'Eygoutier, il y a extension des taches sableuses,

- Les ouvrages marquent leur influence à proximité et rattrapent des structures déjà établies (chenaux et taches),

- En ce qui concerne les taches circulaires, on peut noter la régression de celle qui se trouvait à l'Est et l'apparition de nouvelles sur toute la zone ("marmites" d'érosion, auto-putréfaction du milieu, clairières).

Les photographies aériennes de 1955 montrent entre la Grande Jetée et le Cap Brun un herbier de Posidonies (Phanérogames maritimes) fortement marqué jusqu'à 250 à 300 m du littoral, et surtout au niveau de l'Eygoutier : chenaux profonds, vastes taches de sables occupant une partie des fonds.

A proximité du littoral, cet herbier venait affleurer, formant localement un "récif barrière".

La mise en place de l'herbier est liée à la croissance verticale des Posidonies et à la régularité des apports sédimentaires piégés dans l'entrelacement des racines. Cet entrelacement forme une structure nommée "matte".

3 - Cartographie actuelle des fonds.

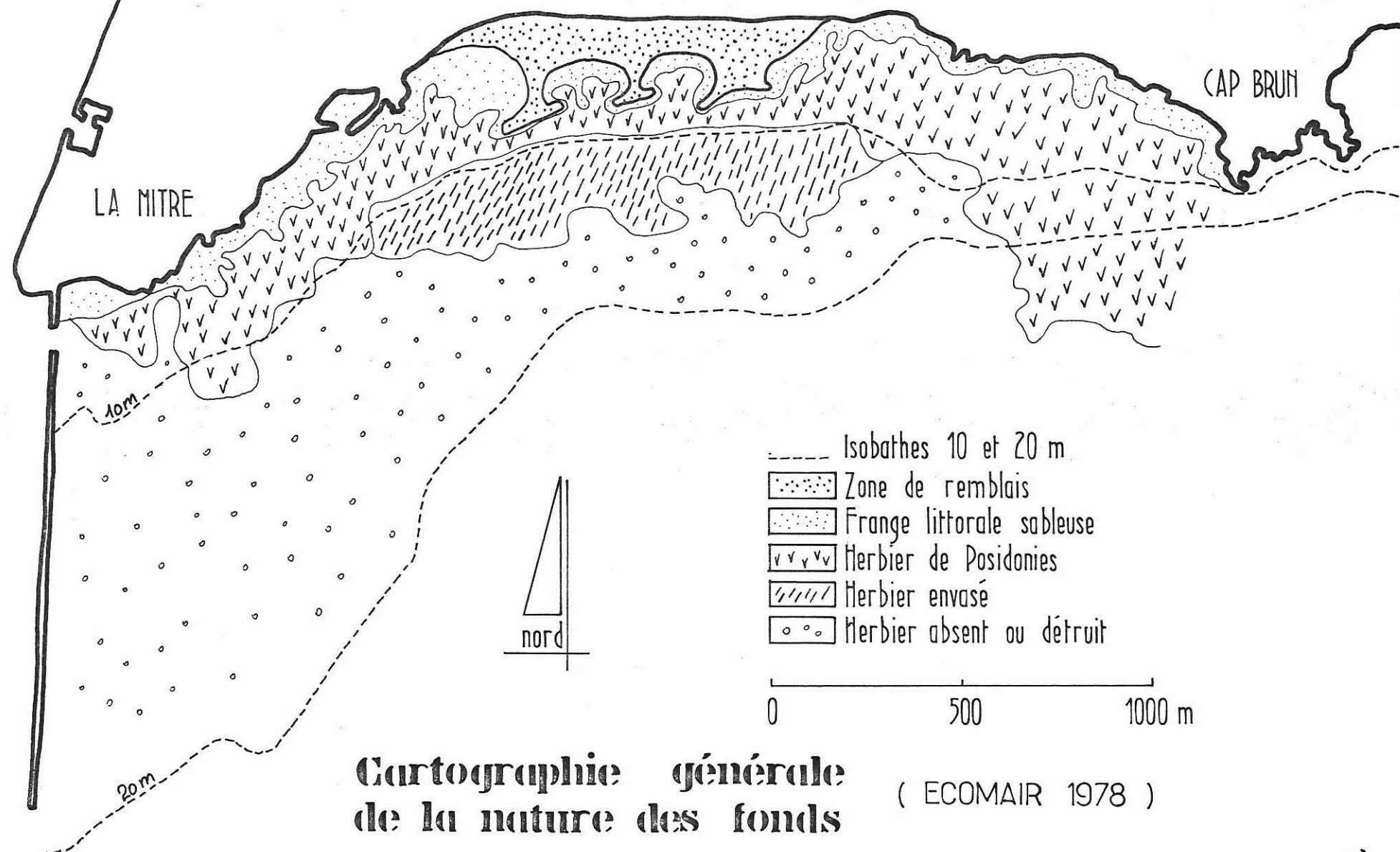
Devant les aménagements actuels, et jusqu'aux fonds de 20 m, on rencontre successivement quatre types de fonds :

. 1 - Une frange littorale de sable moyen à grossier passant à des sables fins à très fins, et, localement, à des vases surtout dans les alvéoles.

. 2 - Un herbier vivant, mais beaucoup plus fourni à l'Est qu'à l'Ouest des ouvrages récents.

. 3 - Un herbier envasé faisant face aux ouvrages occupant les fonds de 10 à 15 m environ. La base des algues est ennoyée par des sédiments vaseux. Les feuilles sont courtes et couvertes d'organismes épiphytes.

LE MOURILLON



**Cartographie générale
de la nature des fonds**

(ECOMAIR 1978)

. 4 - Une zone qui va en s'élargissant vers l'Ouest où l'herbier est absent ou détruit. On y rencontre quelques faisceaux foliaires, des zones de mattes mortes et quelques îlots encore vivaces.

Les zones les plus touchées apparaissent situées au delà de 10 mètres de profondeur. Cette profondeur correspond à une limite hydraulique d'amortissement des houles et des courants usuels sur le site. En deçà, le dépôt des particules fines est possible. A partir de 15 mètres, le problème semble être difficile à élucider.

4 - Les rôles de l'herbier.

a - Maintien du sédiment :

Devant les littoraux sableux, il peut jouer activement contre l'érosion. Devant les littoraux rocheux, son rôle est moindre.

b - L'amortissement des houles et des courants :

Les feuilles et les mattes amortissent l'énergie des houles. Les courants créent et suivent dans la matte des structures particulières nommées chenaux : sortes de petits "canyons" pouvant atteindre, sur la zone considérée, jusqu'à 5 mètres de creusement. Ces dénivellations sont nommées "tombants de mattes".

Ces chenaux sont dirigés vers le large et se terminent en s'élargissant, véritables cônes de déjection, ou vers la côte constituant des fronts d'érosion plus profonds.

c - Les herbiers et la vie sous-marine :

Ils assurent dans cet ordre de chose trois principales missions :

- Oxygénation des eaux littorales par la photosynthèse,
- Aire de reproduction et de croissance de nombreuses espèces du large,
- La faune directement associée à l'herbier est nombreuse et variée.

5 - Comparaison avec les données antérieures.

La comparaison entre les levers de 1973 fait apparaître deux éléments :

- Il y a disparition de larges zones d'herbier à l'Est de la Grande Jetée dans les fonds supérieurs à 10 mètres. Il n'est pas évident que ce soient les aménagements du Mourillon qui puissent être mis en cause.

- Dans le secteur du Mourillon, l'envasement serait supérieur, se fixant sur la ligne bathymétrique des 10 mètres, les taches dégradées étant déjà importantes et les variations faibles.

6 - Conditions de vie de l'herbier de Posidonies.

a - La lumière :

La limite profonde d'installation et de maintenance d'un herbier

de Posidonies est conditionné par l'intensité lumineuse compatible avec un rendement positif de la photosynthèse.
La localisation de cette limite nommée "Profondeur de compensation" dépend de la transparence des eaux.

Toute augmentation de turbidité ou toute gêne à la pénétration des rayons lumineux provoque une remontée de la profondeur de compensation et donc une dégradation de la partie profonde de l'herbier.
Ces phénomènes sont présents en rade des Vignettes. Les zones situées à proximité du rivage conservent leur état originel et la dégradation est croissante vers les zones profondes, alors que les actions humaines ne concernent qu'une étroite frange côtière.

Les causes de turbidité ou de non pénétration de la lumière peuvent avoir plusieurs origines :

- Les eaux sont plus turbides en raison des travaux réalisés au Mourillon, mais aussi sur toute la zone : travaux dans la rade de Toulon, à Brégaillon, La Seyne et vers Les Sablettes. On note une opacité générale plus grande des eaux.

- On constate la présence sur toute la zone maritime de Toulon d'un très léger film d'hydrocarbure et d'huiles qui nuisent à la pénétration de la lumière de façon permanente. Ce film est lié :

- Aux navires = échappements, pompes de cale,

- Aux véhicules de tourisme dont les déchets sont amenés à la mer par les eaux de ruissellement,

- L'accroissement de l'urbanisation et de l'industrialisation ont augmenté la teneur en "seston" des eaux côtières.

Dans le cas présent, les eaux superficielles, riches en matières en suspension, apportées par ruissellement et par l'Eygoutier, sont en partie piégés dans la rade des Vignettes en raison de son exposition aux vents dominants (abri pour les vents d'Ouest et de Nord Ouest), coinçage des eaux par vents de secteur Est et Sud Est.

b - Les facteurs de pollution :

Les matériaux de remblai ont joué un rôle dans l'augmentation de turbidité, mais aussi ont apporté des substances chimiques nocives (goudrons, peintures, etc ...). Alliées aux substances dissoutes apportées par l'Eygoutier, elles accélèrent certainement la destruction de l'herbier de Posidonies.

A ces éléments, s'ajoutent les phénomènes d'autopollution de l'herbier par ses propres produits de dégradation (feuilles et fibres). Ces éléments peuvent perturber d'autres biotopes.

* La zone en voie d'aménagement à l'Est.

1 - Cartographie des fonds.

Cette zone a été examinée de façon plus précise.

Des études antérieures font état d'un herbier uniforme et vivace, mais ce travail a permis de distinguer la succession suivante :

a - La frange littorale :

Elle se compose d'un sédiment grossier à très grossier. On note la présence de croissants de plage au littoral marquant les zones d'activité prépondérante des houles. Ces figures sédimentaires sont présentes dans les deux anses définies précédemment. Elles sont absentes sur l'avancée légère qui marque le départ du courant vers le large. Le sédiment est détritique terrigène.

b - Plus vers le large :

Une étendue de sable fin très réduite à l'Est va en s'élargissant vers le remblai déjà en place. A ce niveau, le sable fin à très fin est localement vaseux. Les sédiments vaseux sont en majeure partie issus du remblai.

c - Sur toute la zone :

L'herbier de Posidonies fait suite au sédiment sableux. Il n'est pas uniforme, mais vallonné et présente des structures d'érosion liées aux courants et aux houles : les chenaux.

A l'Ouest, l'herbier est bien fourni et peu marqué par les chenaux. Plus vers l'Est, ces formations sont plus nombreuses et plus importantes. L'herbier devient plus ras et, localement, seule persiste la matte (entrelacement de racines de Posidonies). Au littoral, les fonds sont faibles et la matte prédomine. Localement, le substrat rocheux réapparaît (phyllades).

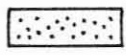
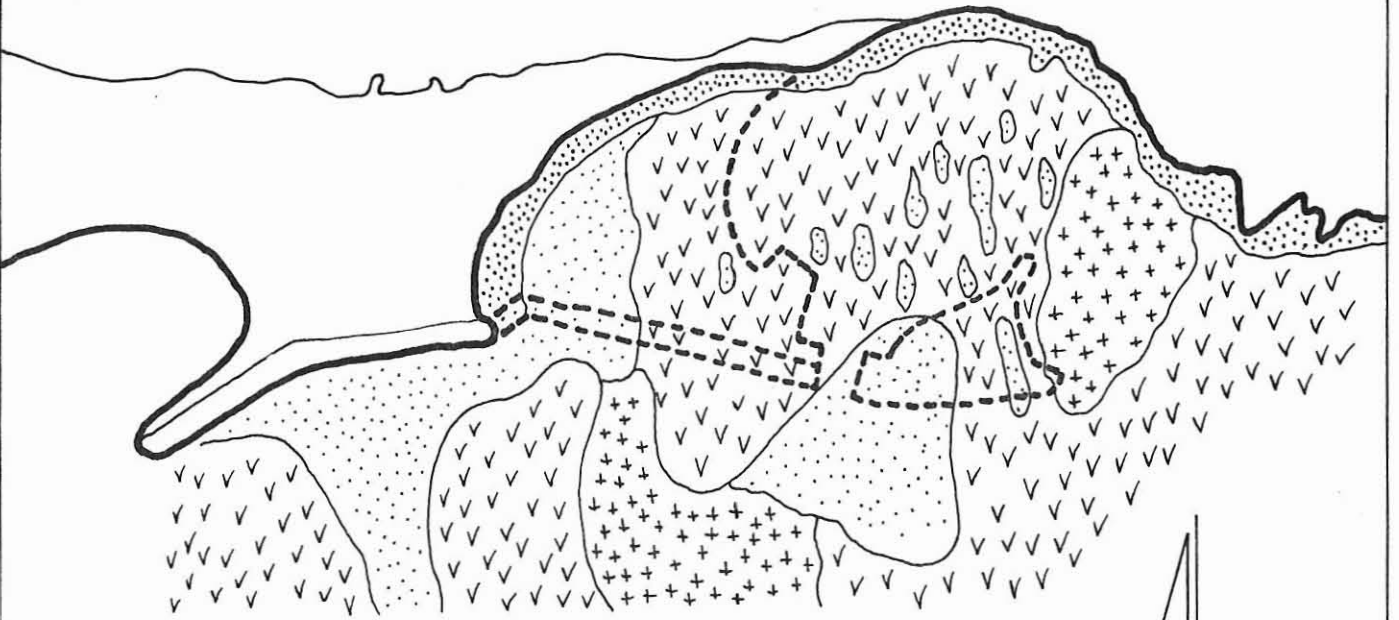
Les chenaux sont de deux types :

- Chenaux creusés depuis le littoral : très encaissés au départ, ils vont en s'élargissant et en diminuant de profondeur vers le large. Ils s'étalent enfin pour former de véritables cônes de déjection sous marins.

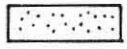
- Chenaux creusés depuis le large : le dispositif est inverse, plus large en profondeur. Ils vont en rétrécissant vers le littoral et montrent enfin un front d'érosion important. Le sédiment occupant ces structures est un sable moyen à grossier comportant une fraction biogène importante.

2 - Les travaux envisagés.

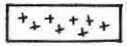
Initialement été envisagé à ce niveau l'installation d'un port de plaisance. Actuellement, l'augmentation du remblai et la création d'un plan d'eau pour une base nautique (dériveurs, petits voiliers ...) est décidée. Ce plan d'eau sera protégé par un îlot artificiel ; le canal entre l'îlot et le remblai doit entretenir la circulation des eaux et éviter les dépôts importants d'éléments fins (entrophisation pourrissoir). La position de cet îlot par rapport aux houles dominantes permet de penser que son action sera efficace pour la plus grande partie du plan d'eau.



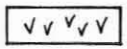
Frange littorale : galets, sables grossiers et moyens



Sables fins à très fins, localement envasés



Matte de l'herbier de Posidonies



Herbier de Posidonies



Limites des aménagements projetés

Zone en voie d'aménagement

Cartographie de la nature des fonds

Sur le schéma (8) deux zones 1 et 2 sont marquées indiquant la zone d'envasement prévisible à court et moyen terme (1) et long terme (2).

Cet ouvrage ne va occuper qu'une faible partie de l'herbier au niveau où il est le plus marqué par les structures : chenaux et taches de sables.

En ce qui concerne la forme et les caractéristiques des ouvrages envisagés, seuls des plans de vagues, des études en modèles réduits ou des modèles mathématiques d'agitation, pourraient permettre de connaître leur efficacité et d'apprécier leur coefficient de sécurité.

III - Conclusion.

Au niveau de l'aménagement de la façade maritime du Mourillon (Toulon), deux options sont en concurrence :

- D'une part, la nécessité de cet aménagement pour la ville de Toulon, en raison de l'absence de site balnéaire à proximité immédiate,

- D'autre part, l'impact que peuvent avoir les ouvrages sur le milieu marin et en particulier sur les herbiers de Posidonies.

Les travaux déjà réalisés et les erreurs qui les ont accompagnés (choix des matériaux de remblai et d'ensablement des plages) ont eu une influence néfaste sur le milieu marin. Celle-ci est partagée avec l'influence d'autres facteurs (urbanisation, pollution ...), et vient s'inscrire au niveau des dégradations dans un processus déjà engagé.

Le remblai Est, actuellement inachevé, contribue, par son démantèlement (il est exposé aux houles d'Est très agressives) à l'envasement et à l'étouffement de l'herbier proche.

La fin de l'aménagement, tel qu'il est prévu, présente des caractéristiques telles qu'il occupera des fonds déjà partiellement atteints par la pollution. La superficie de l'herbier sain, concernée par ces ouvrages, est relativement faible.

Lorsque les travaux seront complètement terminés, il est possible d'assister à des régénérations locales de l'herbier de Posidonies. Celles-ci pourront être aidées par des expériences de ré-implantations dans des sites choisis judicieusement.

Ces régénérations apparaissent possibles à l'Est vers le Cap Brun. A l'Ouest, la présence de l'Eygoutier, fleuve urbain, d'une forte urbanisation et la proximité de la rade de Toulon (circulation intense de bâtiments), ne peuvent que contribuer à maintenir et peut-être à accélérer un processus de dégradation déjà bien entamé.

B - LES PLAGES ARTIFICIELLES DU PRADO (MARSEILLE).

I - Type d'ouvrage.

Un programme d'équipement prévoit sur le littoral de la rade Sud de Marseille l'installation de plages alvéolaires (7) entre le Palm Beach, au Nord, et la Pointe Rouge, au Sud. La présence de l'Huveaune, rivière urbaine, au centre de cette baie est un problème à la salubrité de ces plages. Des aménagements sont prévus pour améliorer la situation actuelle (mise en fonctionnement des deux émissaires et absorption de la quasi totalité du réseau pluvial).

Actuellement, la zone au Nord de l'Huveaune est en cours de finition. Elle comporte, du Nord au Sud, un bassin d'évolution pour les voiliers et dériveurs et deux plages artificielles (Petit Roucas et Grand Roucas Blanc) situées dans un même alvéole. La plage suivante jouxtant l'Huveaune est en travaux.

La plage initiale (700 m environ) a été remblayée. L'emprise sur la mer est de 400 m environ. Les ouvrages frontaux sont placés sur des fonds de 5 m.

II - Descriptif du site.

a - Les conditions océanographiques.

On peut définir quatre ensembles de vents :

NO - NNO	29 %
O - SO - SSO	23 %
E - SE	21 %
calme	22 %

Leurs actions sur le site sont les suivantes :

Vents de NO et NNO :

Ils agissent sur tout le littoral concerné, mais la morphologie régulière des fonds amortit l'action des houles.

Vents d'O , SO , et S - SO :

Leur action est plus forte encore que pour le régime précédent, malgré le même type d'amortissement. Ceci est lié à l'ouverture de la rade dans cet axe. Les houles pénètrent directement.

Dans les deux cas, les transferts résultants de sédiment sont dirigés vers le Sud et les nappes de pollution sont bien diluées.

Vents d'E et SE :

La zone concernée en est relativement abritée. Mais ces vents

accompagnés de pluies importantes accroissent la turbidité et la pollution.

La présence des ouvrages par des fonds de 5 mètres et à 400 mètres environ du rivage initial ne permet plus l'amortissement des houles. Leur déferlement s'effectue de façon brutale au niveau des ouvrages et ceux-ci sont fortement agressés. Au niveau des plages artificielles, les déferlements sont importants, et il se pose quelques problèmes de bilans sédimentaires.

b - Sédimentologie.

Le matériel initial :

Des analyses effectuées par P. Weydert en 1964 - 1966 confirmées par de nouveaux prélèvements 1973 étudiés par A. Jeudy de Grissac et C. Le Fur montrent que le sédiment présent entre le littoral et les fonds de 8 à 9 mètres est un sable fin issu de l'Huveaune. La taille moyenne varie autour de 0,120 mm.

La campagne de prélèvements, d'observations et d'analyses (1978), réalisées dans le cadre de cette étude font apparaître divers éléments.

Le sédiment initial se maintient sur toute la zone sauf à proximité de la plage (stations 17 - 18). Les dépôts de particules fines sont faibles, 10 à 20 % maximum, et toujours à proximité de l'ouvrage jouxtant l'Huveaune (stations 12 - 9 - 13).

Le matériel rapporté sur les plages :

D'apparence très grossier et très anguleux, ce matériel paraît peu adapté au confort du touriste. L'étude de prélèvements effectués en haut de plage (A), sur le bourrelet d'accumulations (B) et dans la zone du swash (C) montre que l'agression du milieu marin l'a fait évoluer très rapidement.

En janvier 1978.

En A, la taille du sédiment est comprise entre 2 et 6 mm. C'est le matériel initial sur toute la zone.

En B, la granulométrie montre un maximum centré sur 1 mm avec encore une forte proportion entre 1 et 4 mm.

En C, la fraction 1 à 4 mm a fortement diminuée et le matériel est centré sur une taille de 1 mm.

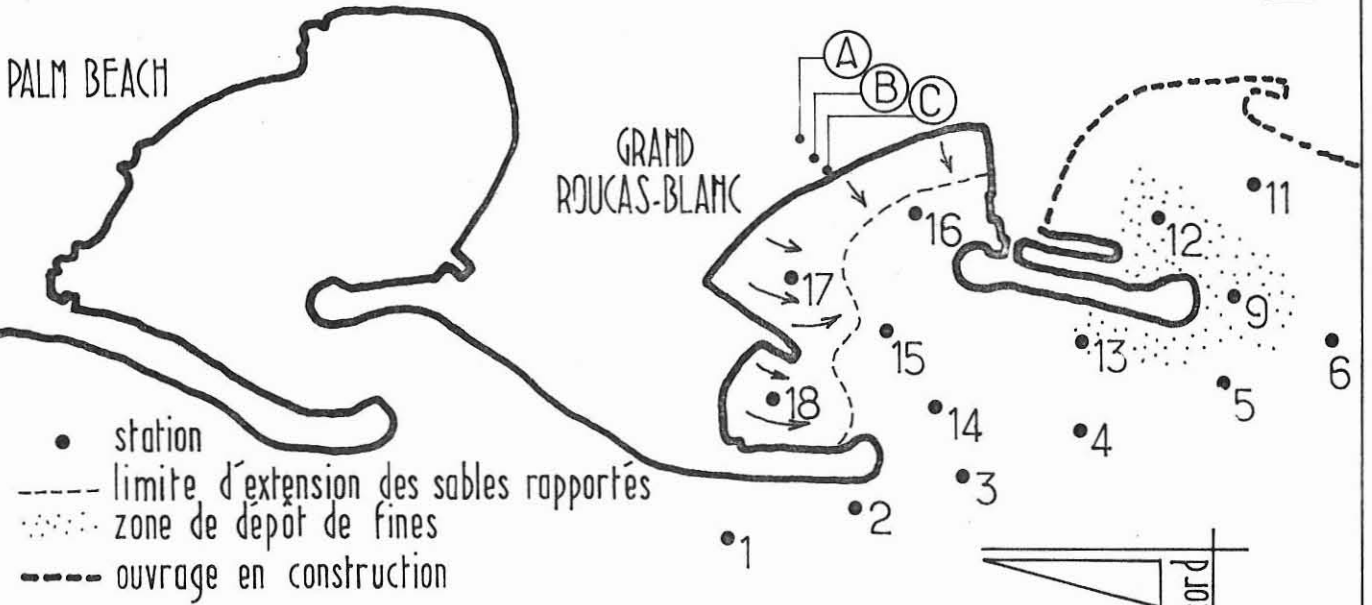
En janvier 1979.

En A, le sédiment est identique à celui de janvier 1978.

En B, la différence est importante. Il semble que l'on retrouve le même sédiment qu'en A, mais débarrassé de tous ses éléments fins. On peut penser que l'action des tempêtes de fin d'année a remanié le bourrelet et permis le départ vers le milieu marin d'une grande part du matériel fin.

PALM BEACH

GRAND ROUCAS-BLANC

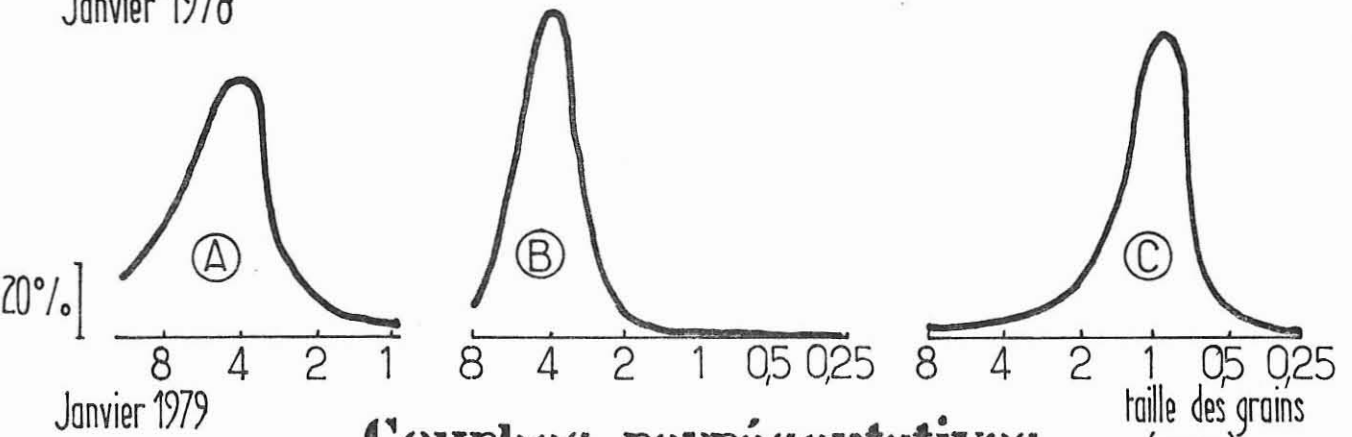
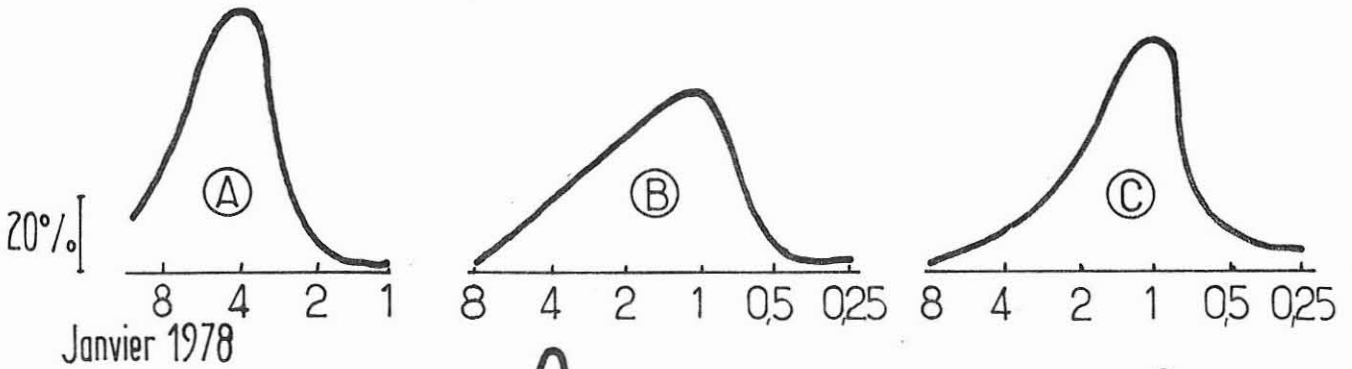
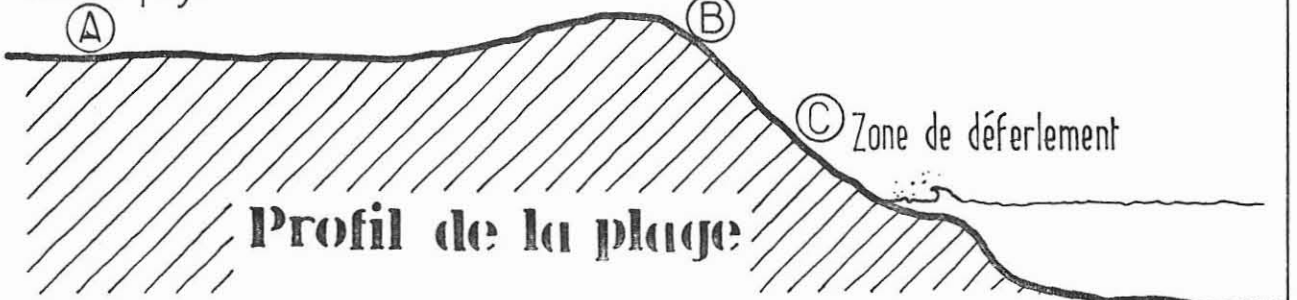


0 50 100 m

Plages du Prado

Haut de plage

Bourrelet d'accumulation



Courbes représentatives des sédiments rapportés

taille des grains (mm)

En C, l'acuité du centrage autour de la taille de 1 mm est beaucoup plus forte que précédemment.

La pente, au niveau du swash est forte. Elle oscille entre 15 et 25°.

Le matériel d'apport n'est que peu étalé vers le large, sauf au niveau des stations 17 et 18 qui sont les plus ouvertes au régime de S.O.

La circulation d'eau est relativement bonne en raison du chenal laissé entre l'ouvrage et le remblai au Sud, mais les apports de l'Huveaune se font sentir par la présence au fond de plastiques et débris divers.

III - Conclusion.

Les deux plages artificielles créées actuellement au Prado : plage du Petit Roucas Blanc, plage du Grand Roucas Blanc, font partie d'un même alvéole. Elles sont séparées par une jetée en béton.

Le sédiment rapporté, de taille élevée, est fortement concassé au niveau du "swash" en raison de la profondeur importante et de l'exposition aux houles de S.O. Il est peu déplacé vers le large.

La circulation d'eau est bonne en raison de la présence d'un chenal entre l'ouvrage et le remblai au Sud. Mais la qualité de l'eau laisse à désirer en raison de la présence de l'Huveaune, fleuve urbain, à proximité, qui charrie des éléments microscopiques et macroscopiques.

Du point de vue touristique, la qualité du sable d'apport est critiquable quant à sa taille malgré les fortes actions hydrodynamiques. La sécurité concernant la baignade n'est pas optimale. En effet, les sédiments d'apports n'ont pas été prolongés par un talus sous-marin, et la brusque dénivellation peut être une source d'accident (backswash renforcé). L'aménagement du terre plein est de bonne qualité et agréable à l'oeil.

Côté mer, les ouvrages encadrant les plages apparaissent bien conçus et bien réalisés, mais il est à craindre des restructurations dans l'agencement des blocs en raison des forts déferlements sur la zone frontale.

Les modifications sur les fonds marins apparaissent faibles à nulles. L'herbier de Posidonies, déjà en phase régressive et situé plus au large (7 à 8 mètres) n'est que peu concerné.

C - LES PLAGES ARTIFICIELLES DE LA CIOTAT.

I - Type d'ouvrage.

Les plages artificielles de La Ciotat sont réalisées à l'Est de la ville, de part et d'autre de la ville des Tours située sur une avancée de grès coniacien.

Ces plages sont compartimentées en cinq éléments : A, B, C, D, E. Elles comprennent deux ouvrages frontaux (entre A, B et D, E) et divers ouvrages perpendiculaires au littoral.

D'Ouest en Est, on rencontre :

- Le port des Capucins,
- Les plages A et B,
- Un canal déversant les eaux pluviales,
- La villa des Tours (sur les grès coniaciens),
- Les plages C, D et E,
- Un blockhaus (monument aux Frères Lumière),
- Une plage naturelle (ancienne plage de La Ciotat),
- Un enrochement protégeant la route,
- Le Cap des Moulins (comportant un petit abri).

C'est tous ces ensembles que nous allons considérer.

II - Descriptif du site.

a - Les conditions océanographiques.

Les vents dominants sur le site de La Ciotat :

NO - NNO 29 %

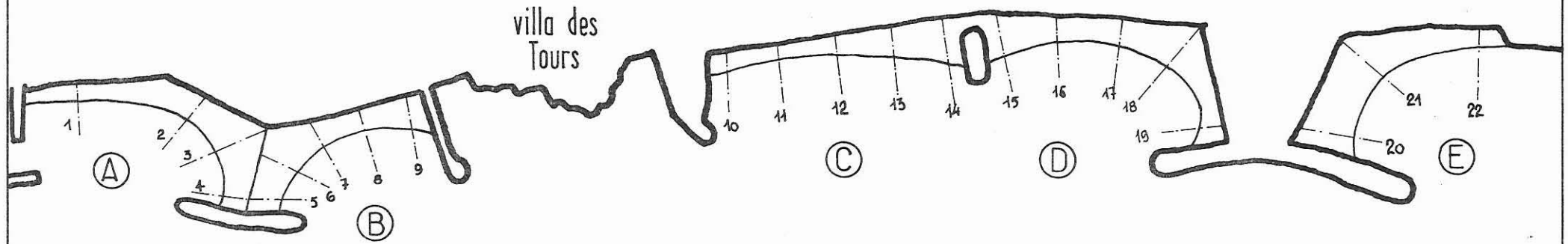
OSO - SSO 23 %

E - SE 22 %

Les vents de NO - NNO engendrent des houles de SO. Leurs actions sont similaires à celles des vents d'OSO - SSO.

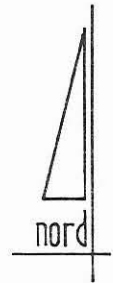
Les houles engendrées, diffractées autour du Bec de l'Aigle et de l'Ile Verte perdent une grande partie de leur énergie. La pente régulière des fonds participe à cet amortissement. Par régime de NO - NNO, l'action directe du vent sur le plan d'eau diminue encore cette action et crée un transfert de sédiment vers l'Est.

LA CIOTAT

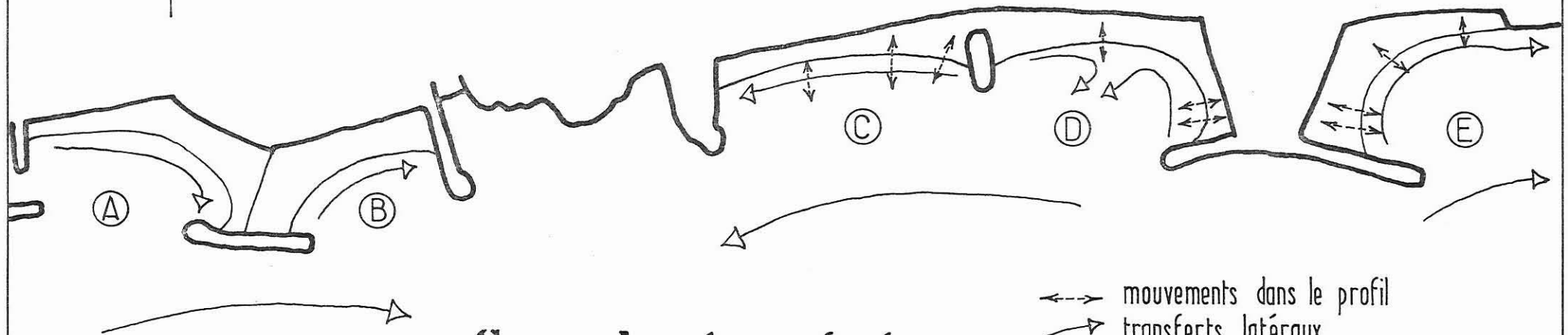


Plan d'ensemble

Ⓐ, Ⓑ plages
- - - radiales



0 50 100 200 m



Sens des transferts

⇌ mouvements dans le profil
→ transferts latéraux

Les vents d'E - SE et les houles qu'ils engendrent, pénètrent largement dans la baie de La Ciotat, et attaquent activement les plages, provoquant de fortes modifications.

b - Modifications des plages.

Afin de suivre sur une échelle annuelle les modifications des plages, il a été réalisé tous les quatre mois un lever comportant :

- Un lever topographique précis,
- Des prélèvements de sédiments positionnés au centre des plages :
 - Haut de plage,
 - Zone de swash.

Les levers étaient effectués suivant des radiales :

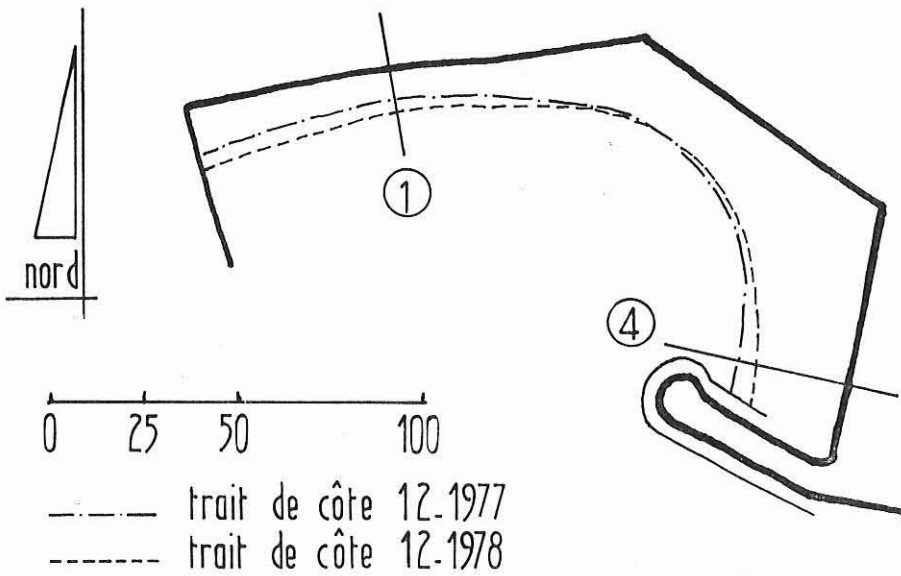
- Plage A : radiales 1, 2, 3, 4, pas de prélèvement,
- Plage B : radiales 5, 6, 7, 8, 9, prélèvements B₁, B₂,
- Plage C : radiales 10, 11, 12, 13, 14, prélèvements C₁, C₂,
- Plage D : radiales 15, 16, 17, 18, 19, prélèvements D₁, D₂,
- Plage E : radiales 20, 21, 22, prélèvements E₁, E₂.

Un profil supplémentaire 24 était effectué à l'Est du blockhaus. Un prélèvement a été réalisé lors du dernier passage.

Les résultats.

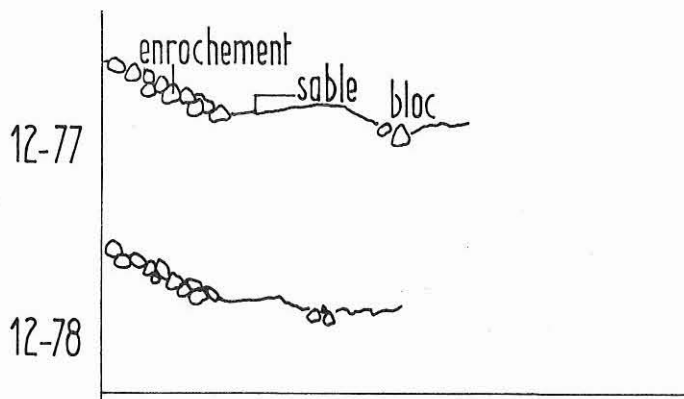
Evolution de la largeur de plages en mètres à partir de repères précis.

		PASSAGE TRIMESTRIEL:			
		12/77	4/78	8/78	12/78
		RADIALE			
		1	2	3	4
A	1	9,1	7,8	8,9	7,5
	2	20,5	20,3	20,3	20,1
	3	30,0	29,2	29,5	29,3
	4	17,8	18,9	17,3	20,0
B	5	19,0	20,9	19,4	19,9
	6	25,8	28,0	26,8	28,3
	7	29,0	29,2	28,2	29,8
	8	24,4	27,2	24,8	26,0
	9	27,5	29,8	28,6	29,3
C	10	19,3	23,0	22,0	22,0
	11	12,5	15,3	14,5	14,2
	12	11,0	11,9	14,4	14,1
	13	16,5	19,6	18,3	19,0
	14	28,0	26,1	26,3	24,7
D	15	25,0	24,2	26,5	22,8
	16	17,0	19,2	20,9	19,3
	17	17,0	19,5	17,8	19,0
	18	25,0	24,6	26,1	25,5
	19	11,0	12,0	10,5	17,5
E	20	27,5	24,2	25,6	26,6
	21	30,0	27,5	26,1	26,5
	22	14,0	12,6	10,8	10,0
	23	16,0	16,2	15,9	13,7

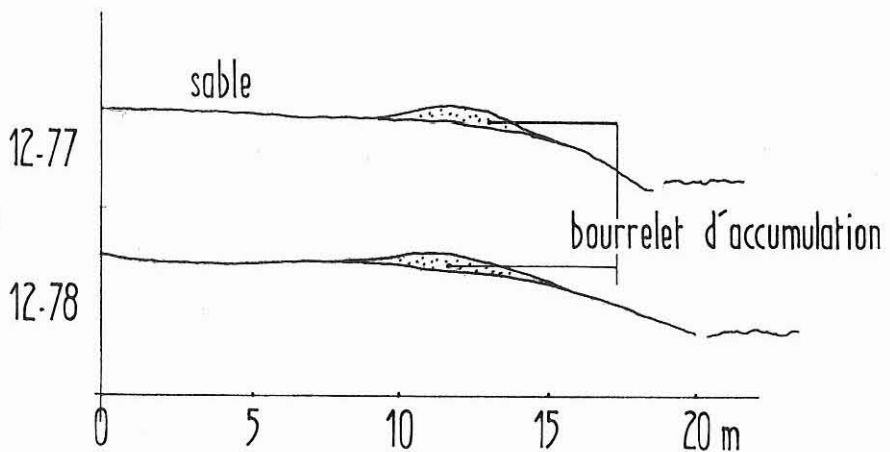


Plage A

Profil 1



Profil 2



Il est intéressant de considérer chaque plage dans son évolution annuelle (largeur de plage (l), volume de sédiment (v), transfert de sédiment ...).

Plage A :

	LARGEUR DE PLAGE	VOLUME DE SEDIMENT
OUEST	Diminution 1,60 m	Perte
CENTRE	Maintien $\Delta l = 0$	Maintien
EST	Augmentation 2,20 m	Augmentation

Le sédiment est transféré vers l'Est où il s'accumule en un bourrelet.

Plage B :

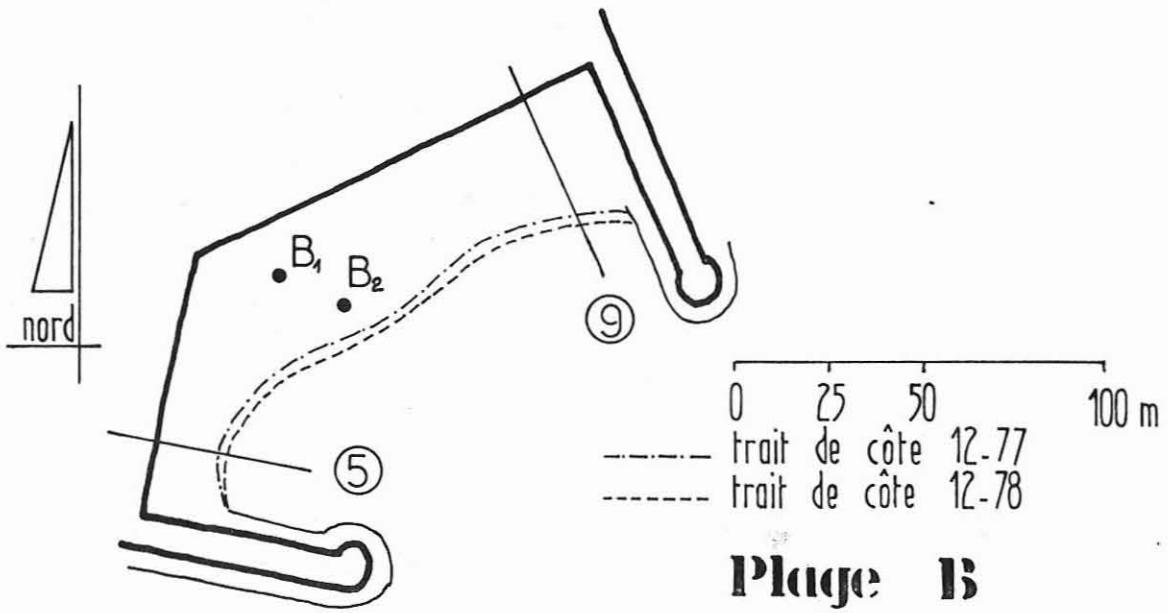
	LARGEUR DE PLAGE	VOLUME DE SEDIMENT
OUEST	{ Maintien ou Augmentation 1,5 à 2,5 m	Perte
CENTRE		Maintien à perte
EST	Augmentation 1,80 m	Augmentation très forte

Les variations saisonnières sont fortes pour la partie centrale. Le sédiment se déplace fortement vers l'Est où il s'accumule en un bourrelet qui peut occasionnellement franchir la digue Est et se déverser dans le canalet du pluvial.

Le sédiment est pris au centre de chaque portion.

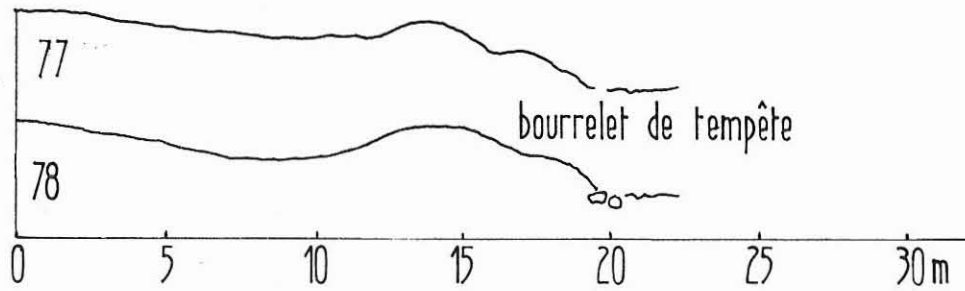
B₁ Haut de plage (12 - 77) : Le sédiment rapporté est un calcaire concassé tamisé à 1 mm. La courbe s'étale peu autour de cet axe. Le sédiment B₁ (12 - 78) est identique.

B₂ "Estran" (12 - 77) : c'est le sable marin normal sur le site qui est présent, sa taille moyenne est de 0,15 mm. Lors du deuxième passage (12 - 78), le sédiment rapporté est descendu et il montre un début de fracturation (0,5 mm) et de façonnement. Localement, après tempête, les pentes sont fortes, 25° - 32°.

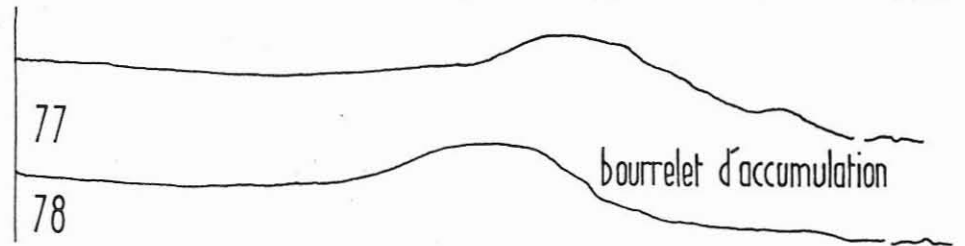


Plage B

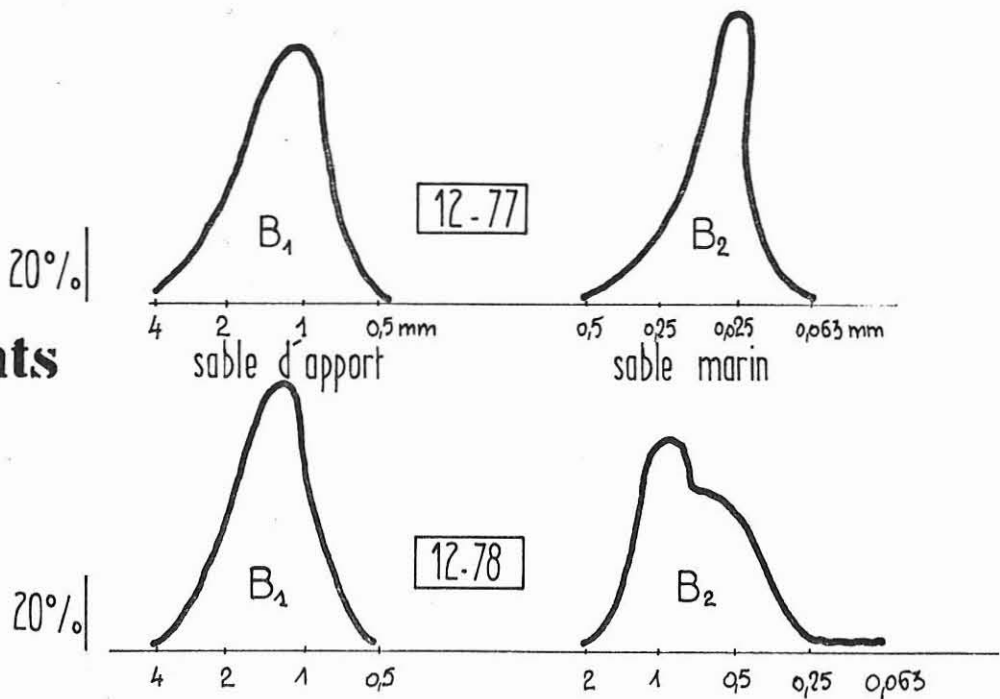
Profil 5



Profil 9



Sédiments



Plage C :

	LARGEUR DE PLAGE	VOLUME DE SEDIMENT
OUEST	Augmentation 1,7 à 2,7	Légère augmentation
CENTRE	Augmentation 2,5 à 3,1	Maintien en raison d'apports marins (remontée)
EST	Perte 3,3	Perte très forte

Le transfert de sédiment apparaît inversé. Les mouvements sur cette plage sont importants et les remontées de matériel marin évidentes : sable fin et feuilles de Posidonies.

Le sédiment rapporté est plus gros que précédemment. Techniquement, c'est un 2 - 4 mm en haut de plage, en 1977, déjà remanié en un 2, en 1978.

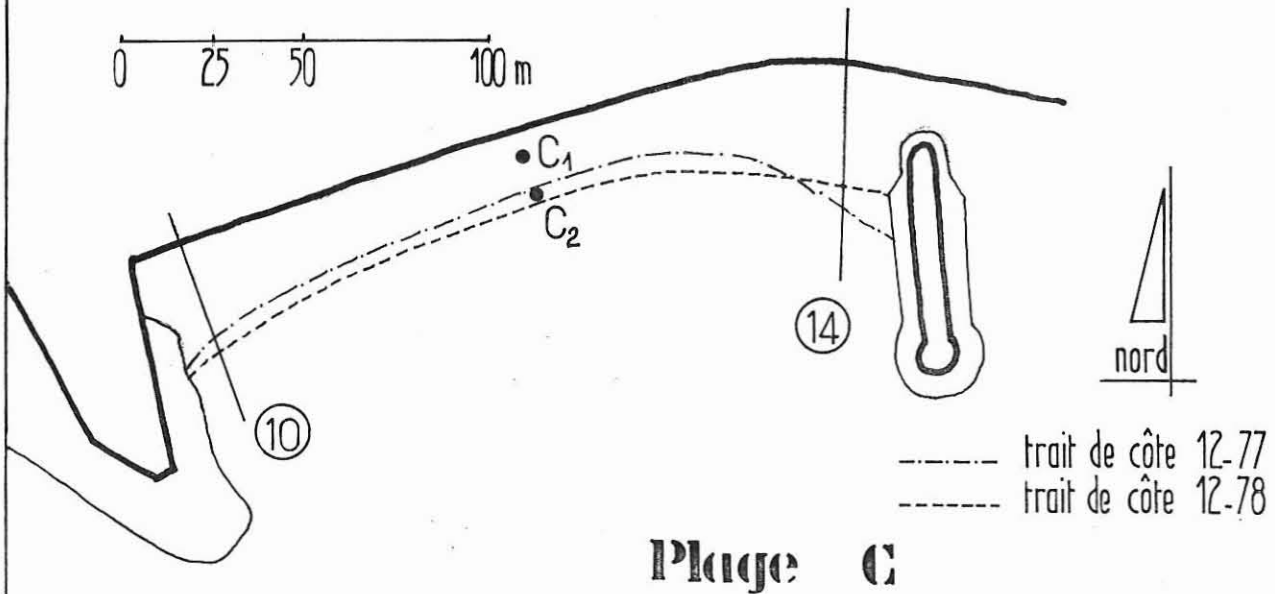
Sur l'estran en 1977, on trouve un 2 mm auquel viennent s'adjoindre (1978) d'une part des sédiments plus grossiers issus du haut de plage, d'autre part des sédiments marins. Lors de tempêtes, les pentes peuvent passer les 35°.

Plage D :

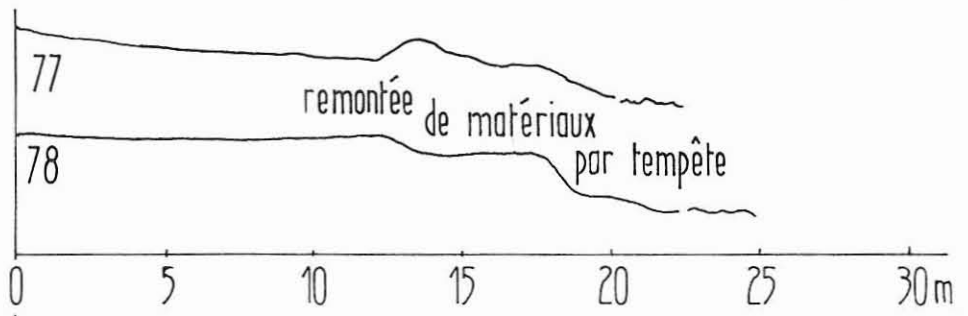
	LARGEUR DE PLAGE	VOLUME DE SEDIMENT
OUEST	Diminution - 2,2	Maintien ou perte
CENTRE	Augmentation ou maintien 0 - 2,3	Normal car remontée de sable marin
EST	Augmentation 6,5	Perte forte à très forte 1 à 2,20 m en épaisseur remontée de sable marin

La partie Est est très agressée. Nous verrons pourquoi, en faisant les mêmes observations contre l'ouvrage à la plage E.

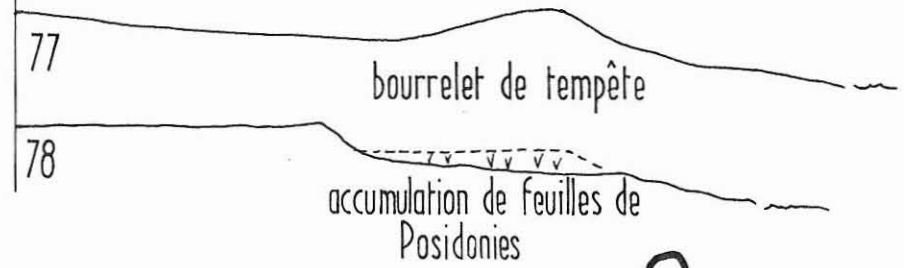
La partie Ouest est aussi en recul. Il semble que les transferts agissent dans les deux sens, simultanément, ou alternativement, pour ressortir par le centre. A ce niveau, le sédiment est localement remplacé par du sable marin plus facile à déplacer.



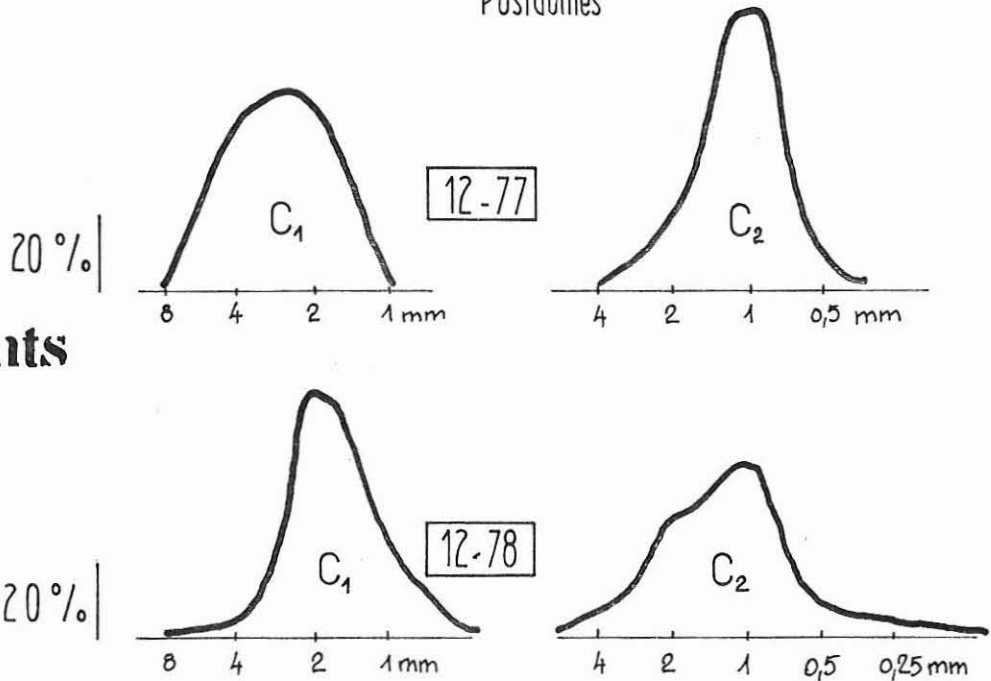
Profil 10

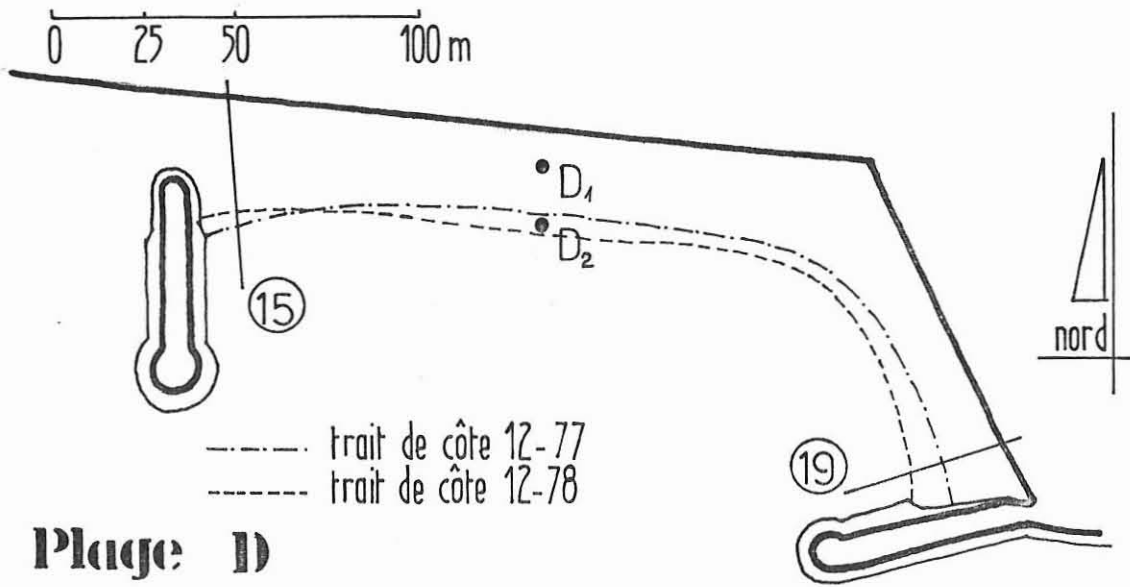


Profil 14



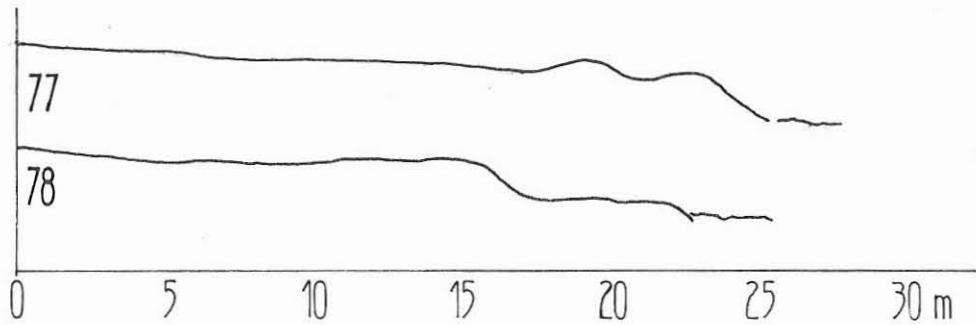
Sédiments



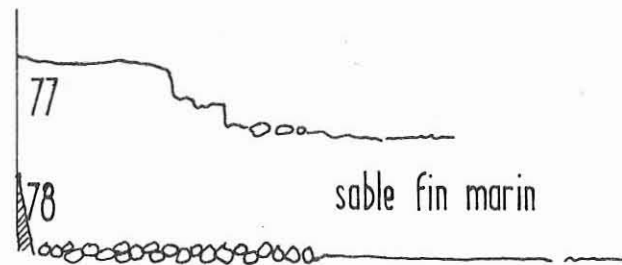


Plage D

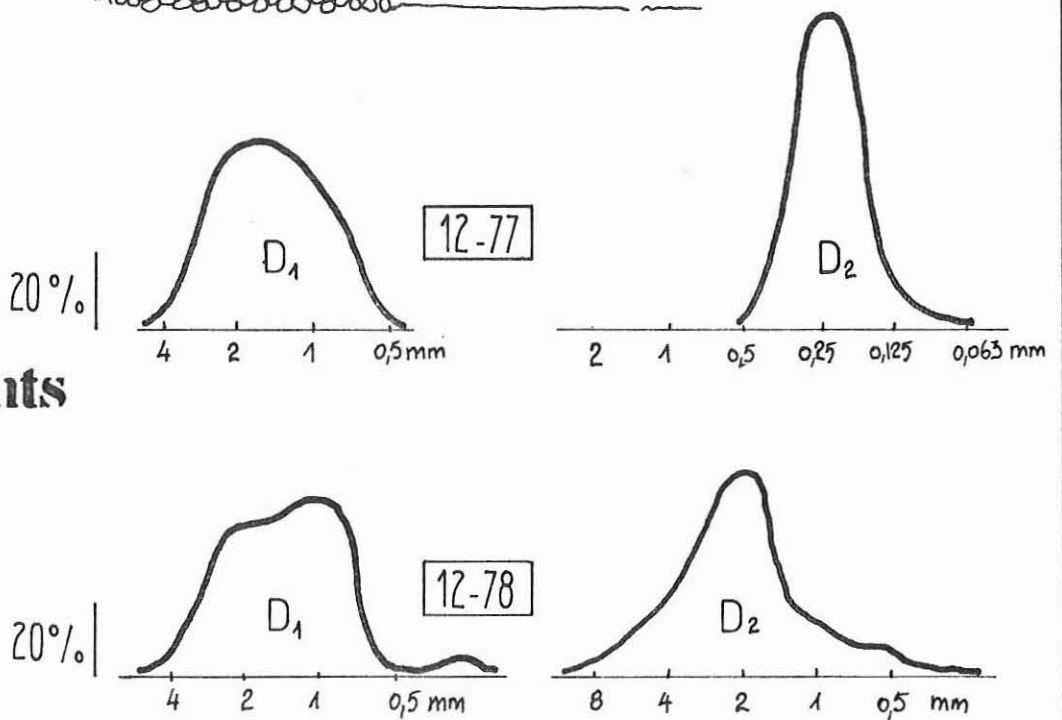
Profil 15



Profil 19



Sédiments



En haut de plage, le sable est un 1 - 2 mm. Sur l'estran, un sable marin fin 0,25 mm ou un sable grossier d'apport ou de transfert 2 mm, se succèdent au cours de la saison. Temporairement, apparaissent des croissants de plage montrant l'intensité des mouvements.

Plage E :

	LARGEUR DE PLAGE	VOLUME DE SEDIMENT
OUEST	Diminution 1 m	Perte très forte (1 m en épaisseur) remontée de sable marin
CENTRE	Diminution 3,5 m	Perte forte - sable marin
EST	Diminution 2 - 4 m	Perte forte

Le sédiment rapporté montre un net recul sur toute cette zone. Il est transféré vers l'Est où la plage tend, non pas à l'élargir, mais à s'allonger sur la plage même, le sable marin plus fin, tient beaucoup mieux.

En haut de plage, le sédiment présente une dominante de 1 mm avec quelques apports marins 0,25 mm qui vont en s'accroissant toute l'année (12 - 78), jusqu'à être bien séparés.

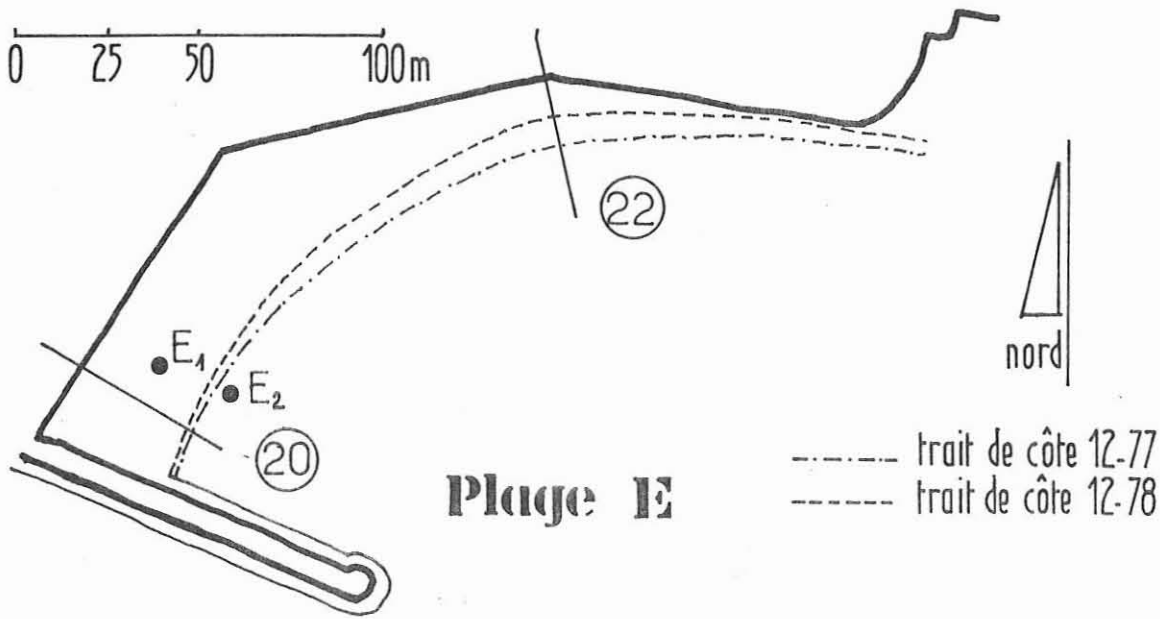
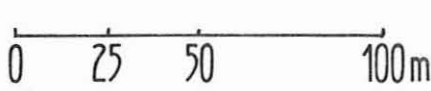
Dans la zone du swash, le sédiment est un sable fin marin (0,25 mm).

L'ouvrage frontal devant protéger les plages D (partie Ouest) et E (partie Est) crée de nombreuses perturbations.

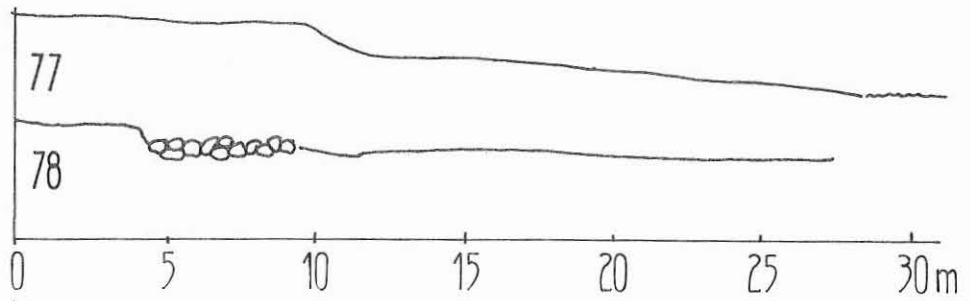
La tenue générale est bonne, l'agencement des blocs est très soigné. Ils servent de tremplin aux vagues et aux houles par tempête. Les embruns et une partie des vagues agressent les plages et aussi le terre plein. Un schéma général donne une idée de tous ces phénomènes. Les pertes en sédiments sont importantes : en épaisseur (2 m pour D, 1 m pour E). Les valeurs concernées sont au minimum de 50 m³ pour la plage D et de 25 m³ pour la plage E.

Les transferts généraux sur toute la zone.

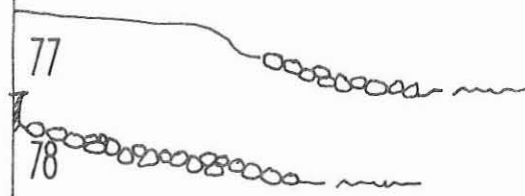
On constate que les transferts partent des deux ouvrages frontaux réalisés qui concentrent l'énergie des houles. Avant les ouvrages, c'est l'avancée rocheuse de la villa des Tours qui jouait ce rôle et les transferts partaient de ce point vers l'Ouest et l'Est. L'ouvrage a donc modifié toute la dynamique littorale locale, et la distribution des cellules de circulation d'eaux par déplacement des zones de convergence (Loi de Sitarz). On peut donc envisager un colmatage vers l'Est et vers l'Ouest au niveau des ports abris. Apparemment, la mise en équilibre d'un tel ouvrage avec le



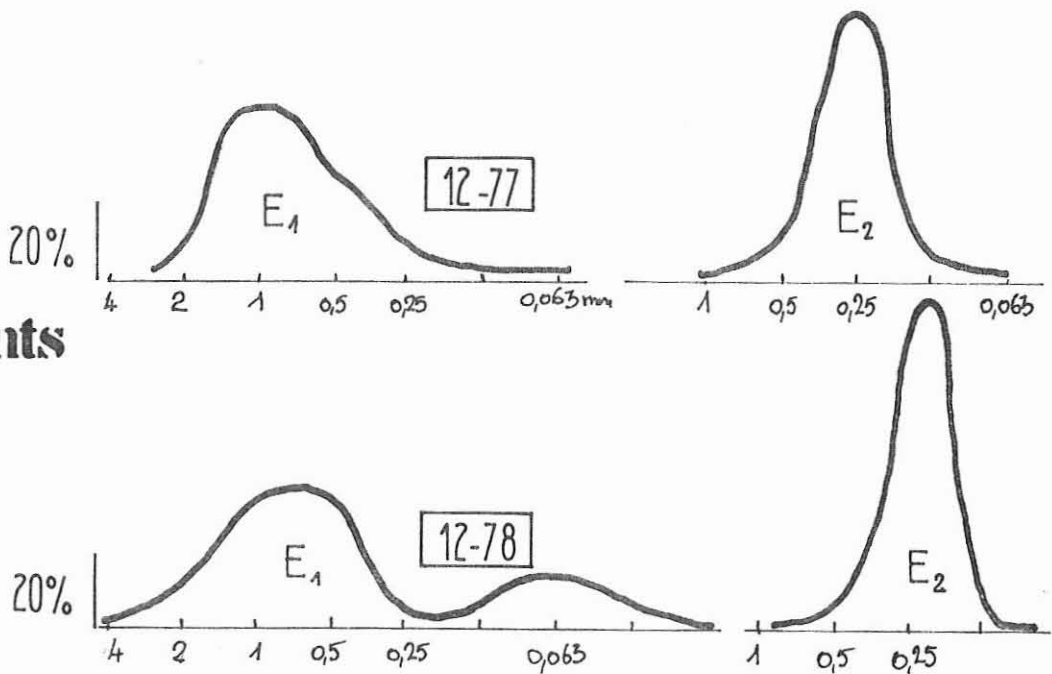
Profil 20



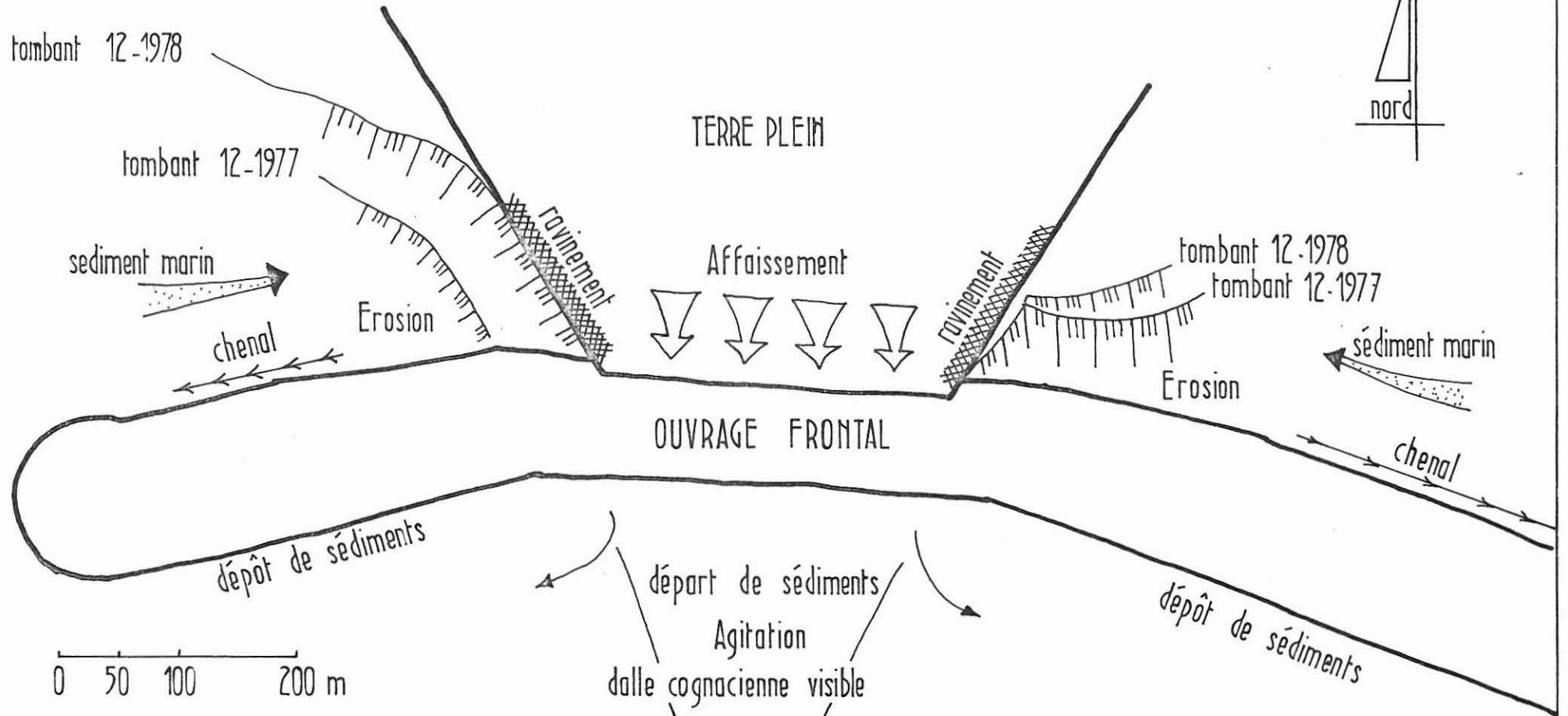
Profil 22



Sédiments



LA CIOTAT



Aménagement de la partie est - Dégradations

milieu maritime ne sera réalisée qu'après une période de plusieurs années, probablement 5 à 10 années.

III - Conclusion.

A La Ciotat, la zone aménagée en plages artificielles a subi pendant l'année 1978 l'agression naturelle du milieu marin dont les effets se sont marqués :

- Sur les sédiments rapportés dont le transfert et la remise en mouvement ont conduit à un nouveau linéaire de plage, et au déplacement des matériaux vers l'Est d'une façon générale.

- Sur l'ouvrage frontal Est (entre les plages D et E) qui a été activement attaqué par les houles. Le terre plein est fortement raviné et légèrement affaissé. Le sable de plage a été enlevé sur une épaisseur de 1 à 2 m derrière l'ouvrage.

- Par la remontée en de nombreux points du sable d'origine marine.

L'arrière de l'ouvrage a été aménagé en jardins sur le côté Ouest, et le reste des terre pleins est en voie de l'être.

En ce qui concerne le milieu marin, les biocoenoses n'ont pas été modifiées, les sables fins présents initialement et l'herbier situé beaucoup plus au large étant respecté par les dimensions réduites de l'ouvrage.

La présente étude a montré qu'il était intéressant de poursuivre de telles mesures, en y ajoutant d'autres éléments :

- Mesures des volumes de sédiments déplacés ou perdus,
- Etude des profils sous-marins très importants pour la stabilité des plages (pente, point d'influence, évolution...),
- Etude serrée des houles sur le secteur,
- Extension des mesures vers l'Est.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE.

Dans les ~~textes~~ de loi concernant l'Etude d'Impact, ainsi que dans tous les débats dont ils ont fait l'objet, il n'est pris en compte qu'un aspect prévisionnel, antérieur à l'installation de l'ouvrage.

Il conviendrait d'y ajouter un aspect évolutif de cet impact, afin d'évaluer, à périodes régulières, les effets de l'interaction entre l'ouvrage et le milieu marin. Ceci mettrait en évidence, d'une part les dégradations, d'autre part les reconstitutions du milieu.

Une telle analyse, en mettant en évidence les capacités d'action de l'ouvrage et la "réponse" du milieu, d'optimiser les études d'impact et de minimiser l'influence des futurs ouvrages.

Ce sont ces deux aspects qui sont abordés dans cet ouvrage. Ils ont permis de définir les diverses modalités d'action de l'ouvrage.

I - L'ouvrage par lui-même.

Qu'il s'agisse d'une installation portuaire ou d'une plage artificielle, tout ouvrage en milieu maritime constitue un corps étranger. Le phénomène de rejet s'avérant impossible à court terme, il y a adaptation du milieu qui se remodèle autour de l'aménagement.

II - L'ouvrage en cours de construction.

Au cours de la mise en place des structures, les remblais, les apports d'éléments fins ou de blocs en dehors de leur présence peuvent perturber le milieu. Le choix de la période de constructions s'avère important. En effet, l'agitation facilite la mise en place de l'ouvrage, le départ des fines et leur grande dilution. L'opacité des eaux peut donc être réduite en intensité et en durée de façon très importante. La vie marine n'est pas stoppée de façon brutale et continue.

III - L'ouvrage par ses effets primaires.

On peut considérer comme effets primaires, tous les effets directs liés à l'ouvrage.

a - Modification de la circulation des masses d'eau.

Ceci peut créer divers problèmes suivant le site considéré et l'ouvrage réalisé.

- Création de nouveaux points de convergence et de diffraction des ondes incidentes, ... d'où nouvelles "sources" de mouvements ondulatoires,
- Pourrissoir dans les ports ou à proximité (Saint Raphaël, bassin Nord),
- Dépôt d'éléments fins dans les passes (colmatage, Le Lavandou),
- Stagnation des eaux et des pollutions dans les alvéoles des plages artificielles (Toulon - Mourillon),

- Transferts de sédiments pouvant devenir gênants (La Ciotat),
- Erosion de portion de littoral.

b - Destruction ou déplacements de biocoenoses.

A proximité de l'ouvrage, l'augmentation de la dynamique peut provoquer la destruction de biocoenoses. Visuellement, les herbiers de Posidonies sont les plus atteints. Ailleurs, les modifications de la sédimentation et les apports en matériaux nouveaux peuvent nécessiter le déplacement des biocoenoses.

IV - L'ouvrage par ses effets secondaires.

On nommera effets secondaires, les nuisances autres, conséquences de la présence de l'ouvrage. Ces effets apparaissent moins étendus au niveau des plages artificielles (fréquentation, pollution, ...) qu'au niveau des installations portuaires.

Pour cet ensemble, on peut distinguer :

- Pollutions par hydrocarbures,
- Pollutions par détergents, bactéries, ...,
- Pollutions par débris macroscopiques au niveau du fond.

Ces pollutions peuvent passer par des stades paroxysmaux (été surtout) et influencer sur toute la zone jouxtant le port ou au-delà, en fonction des conditions météorologiques.

V - L'ouvrage associé aux autres éléments locaux.

Le terme de "zone sensible" n'est pas un vain mot. Il est regrettable que les études visant à établir des schémas d'aptitude et d'utilisation de la mer (S. A. U. M.) ne soient pas plus activement poursuivies.

En effet, l'installation d'un ouvrage sur un site où se trouve en présence un ou plusieurs des éléments cités plus loin, verra son impact plus marqué en raison de la faiblesse du milieu déjà agressé. Les éléments peuvent être :

- Pollution : rejet recensé ou sauvage,
- Présence de rejet d'eaux pluviales,
- Présence d'une zone urbanisée,
- Présence d'une zone industrialisée,
- Présence d'une zone agricole,
- Présence d'autres ouvrages.

Les zones "fragilisées" par la présence d'autres sources d'impact seront plus fortement et plus rapidement dégradées en cas de toute adjonction d'ouvrage.

VI - L'action du milieu marin sur l'ouvrage.

a - Au niveau des ouvrages en enrochement, le milieu marin agit non de façon immédiate, mais au cours des années suivant diverses modalités :

- Restructuration, réagencement des blocs et dégradation possible si l'ouvrage n'a pas respecté certaines règles lors de sa construction :

- Hauteur des ouvrages en fonction des houles et de leur cambrure,

- Orientation des ouvrages par rapport aux houles,

- Agencement des blocs, degré de coinçage,

- Choix des blocs (nature, taille, densité, dureté au "cube"),

- Calcul des jetées (fruits, berme, etc ...).

- Un bon amortissement de la houle et le non franchissement de l'ouvrage sont des éléments de sécurité pour les jetées et pour les structures en arrière : terre -plein, bâtiments, ...

b - Au niveau des sédiments apportés sur les plages artificielles, le choix du matériau, de sa granulométrie, et sa mise en place, feront que l'action du milieu marin dans sa redistribution et sa fracturation en fonction des conditions locales ne seront pas néfastes à l'ouvrage dans son ensemble.

VII - L'action humaine.

Actuellement, en ce qui concerne l'impact, l'action de l'homme lors d'installations d'ouvrages du milieu maritime, se limite trop souvent à l'avant projet n'atteignant que rarement le stade de la réalisation et ne continuant jamais après.

On peut préconiser le schéma suivant :

a - Avant la réalisation.

- Analyse prévisionnelle multivariée visant au choix de l'ouvrage adapté,

b - Pendant la réalisation.

- Choix de la période de mise en place,

- Vérification des matériaux et de leur tenue,

- Etalement court dans le temps (automne, hiver),

c - Après la réalisation.

- "Suivi" des effets dans le temps et l'espace,

- Amélioration : Modifications sur des points particuliers (circulation, adjonction de tétrapodes, renforcements des parements de blocs, ou action directe sur les éléments biologiques : réimplantations d'algues, aération du milieu ... Ces éléments visent à établir l'ouvrage le mieux adapté possible aux exigences de l'environnement terrestre maritime et humain.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTIER J. M., 1975. Cartographie des fonds marins de la région de Toulon par le groupe ECOMAIR. Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. Toulon, Var, 1975 : 1 - 15.
- AUBERT M. et AUBERT J., 1973. Pollutions marines et aménagement des rivages. C. E. R. B. O. M. et I. N. S. E. R. M. : 309 p.
- BLANC J., 1975. Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Aménagement et protection. Centre Nat. Exploit. Océans : 164 p.
- BLANC J., 1976. Evolution du profil des plages et phénomènes d'érosion littorale. Téthys, 7, (2 - 3) : 299 - 306.
- BLANC J. J. et JEUDY de GRISSAC A., 1978. Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de la Provence. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 185 p.
- BONNEFILLE R., 1976. Cours d'hydraulique maritime. Masson, 159 p.
- JEUDY de GRISSAC A., 1975. Sédimentologie dynamique des rades d'Hyères et de Giens (Var). Problèmes d'aménagements. Thèse de 3ème cycle Géologie Marine et Sédimentologie. Université de Provence. 86 p. et ann.
- LARRAS P., 1961. Cours d'hydraulique maritime et de travaux maritimes. Dunod, Paris, 560 p.
- MEINESZ A., 1976. Note préliminaire concernant quelques repiquages de végétaux marins, en particulier de l'algue Caulerpa prolifera (Forshal) Lamouraux, Comm. Intern. Scient. Méditerranée, 25ème congrès, Split, 5 p.
- MEINESZ A. et LEFEVRE J. R., 1976. L'aménagement de la côte entre Menton et Théoule (Alpes Maritimes et Monaco). Inventaire des restructurations du rivage et impact sur la vie sous-marine littorale. S. O. S. Vie Nat. Environ, Fr., 19 (n° spécial) : 3 - 35.
- PERES J. M. et PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Recl. Trav. Stn mar. Endoume, 1 (47) : 1 - 137.
- PERES J. M. et PICARD J., 1975. Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de Posidonia oceanica sur les côtes françaises de la Méditerranée. Aquatic Botany, 1 : 133 - 139.

BLANC J. J., Professeur,
Centre d'Océanologie d'Endoume,
Laboratoire de Géologie Marine et Sédimentologie Appliquée,
Marseille - Luminy - 13288 Marseille Cédex 2.

JEUDY de GRISSAC A., Docteur IIIème cycle,
Société GEOMER,
3, Avenue d'Odessa - 13008 Marseille
Tél. : 91^{*} 72 - 20 - 24.

Droits réservés :

- Centre National pour l'Exploitation des Océans.
- Société GEOMER,
- BLANC J. J. et JEUDY de GRISSAC A.