

# IMPACT DE L'AMÉNAGEMENT DU DOMAINE MARITIME SUR L'ÉTAGE INFRALITTORAL DES BOUCHES-DU-RHÔNE (FRANCE-MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE) \*

A. MEINESZ (1), J.M. ASTIER (2), A. BODOY (3),  
G. CRISTIANI (2) et J.R. LEFÈVRE (4)

(1) *Laboratoire de Biologie et d'Écologie marines,  
Université de Nice*

*Parc Valrose, 06034 Nice Cedex*

(2) *Laboratoire de Biologie marine,  
Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme,  
Université d'Aix-Marseille, 13397 Marseille Cedex 4*

(3) *Station marine d'Endoume,  
rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille*

(4) *Service Maritime,  
Cellule d'intervention contre la pollution  
dans les Alpes-Maritimes (CIPAIM),  
C.A. B.P. 3, 06028 Nice Cedex*

IMPACT  
AMÉNAGEMENT LITTORAL  
BOUCHES-DU-RHÔNE  
MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

**RÉSUMÉ.** – L'étage infralittoral situé entre 0 et - 20 m devant les 281 km de côtes des Bouches-du-Rhône s'étend sur 39 847 hectares. Sur cette surface ont été construits 53 aménagements divers (ports, plages alvéolaires, terre-pleins) qui représentent 1 306 ha dont 618 de plans d'eau portuaires. L'emprise sur la mer est particulièrement importante sur les côtes rocheuses de l'est du département (entre Fort de Bouc et La Ciotat soit 174 km de côtes et 5 715 ha entre 0 et - 20 m). Dans cette zone rocheuse, 49 ouvrages occupent 1 054 ha gagnés sur la mer ; la destruction irréversible des petits fonds atteint 25 % de la surface des petits fonds situés entre 0 et - 10 m et 18 % de la surface de l'étage infralittoral situé entre 0 et - 20 m.

IMPACT  
HARBOUR DEVELOPMENT  
BOUCHES-DU-RHÔNE  
WESTERN MEDITERRANEAN

**ABSTRACT.** – The infralittoral zone between 0 and - 20 m depth before the 281 km of Bouches-du-Rhône coasts extends over 39 847 hectares. On this area were built 53 different coastal managements (harbours, half closed artificial beaches, earth platforms) covering 1 306 ha including 618 ha of stretches of water inside the harbours. The seabed occupation is particularly important on the rocky coasts of the eastern part of the department (between Fort de Bouc and La Ciotat there are 174 km of coast line and 5 715 ha of sea-floor between 0 and - 20 m deep). In this rocky district 49 coastal managements cover 1 045 ha of the sea bed ; this irreversible destruction has reached 25 % of the shallows between 0 and - 10 m and 18 % of the infralittoral zone area, between 0 and - 20 m.

(\*) Cette étude est extraite d'un rapport réalisé sous convention entre l'Union Départementale des Bouches-du-Rhône pour la protection de la Vie et de la Nature (U.D.V.N. 13) et la Mission Interministérielle pour la Protection et l'Aménagement de l'Espace Naturel Méditerranéen.

## INTRODUCTION

Ces dix dernières années, de nombreux aménagements à vocation touristique ont été gagnés sur le domaine maritime, et actuellement, plusieurs communes littorales envisagent leur extension sur la mer. Le long des côtes des Bouches-du-Rhône ces équipements s'intercalent entre les grands complexes portuaires commerciaux construits sur la mer, au siècle passé (grand port de Marseille) ou plus récemment (port de la Ciotat et complexe pétrolier de Fos). Ces aménagements (ports, plages alvéolaires, terre-pleins) représentent une menace pour la vie marine benthique littorale. En effet, chaque ouvrage gagné sur la mer détruit irréversiblement sa propre surface de vie sous-marine. En outre, toute restructuration du littoral entraîne de profondes perturbations dans l'équilibre hydrodynamique du site d'implantation. Enfin, les plans d'eau des ports sont des zones polluées par l'activité portuaire. Or, les côtes de Provence-Côte d'Azur présentent jusqu'au Delta du Rhône un plateau continental très exigu; ainsi, chaque ouvrage gagné sur la mer réduit de façon notable la zone où la vie marine benthique est la plus riche.

Cette étude a pour objectif de dresser l'inventaire exhaustif des surfaces des terre-pleins gagnés sur la mer ainsi que celles des plans d'eau portuaires où le milieu a été profondément et irréversiblement dégradé. La comparaison entre ces surfaces et celles des petits fonds où la vie marine est intense permet d'évaluer le principal impact des ouvrages construits sur le domaine maritime. Deux études similaires décrivent la situation du littoral des deux autres départements de la région Provence-Côte d'Azur (Alpes-Maritimes: Meinez et Lefèvre, 1978; Var: Meinez, Astier et Lefèvre, 1981).

La zone de petits fonds convoitée par l'homme, où tous les ouvrages ont été construits, se situe essentiellement entre 0 et -10 m. La limite inférieure de la zone couverte par notre étude (-20 m) a été choisie par commodité: en effet, l'isobathe -20 m est figurée sur toutes les cartes marines à grande échelle. Cette isobathe délimite avec la côte une surface de petits fonds où se rencontre un ensemble de biocénoses appartenant à l'étage infralittoral. En fait, l'étage infralittoral correspond en Méditerranée à l'amplitude verticale des herbiers de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* (L.) Delile et des peuplements d'Algues photophiles. Sur les côtes des Bouches-du-Rhône, la limite inférieure de cet étage n'a pas encore été cartographiée avec précision dans son ensemble. Les quelques rares références bibliographiques existant sur la localisation précise (en plongée sous-marine ou au sonar latéral) de la limite inférieure des herbiers de *Posidonia* des Bouches-du-Rhône permettent de la situer essentiellement entre -20 m et -30 m (Harmelin et True, 1964; Cristiani, 1980). La zone des 0 - 20 m représente de toute façon la majeure partie de cet étage infralittoral. Il convient de signaler également que l'herbier de Posidonie s'arrête au voisinage du Delta du Rhône (à partir du Golfe de Fos et

jusqu'à la limite départementale située à l'Ouest du Rhône, les Posidonies sont absentes). Dans ce vaste secteur, les autres espèces de végétaux photophiles: Algues ou Phanérogames (Zostères) constituent rarement des végétations denses ou descendent exceptionnellement jusqu'à -20 m. Ainsi, dans toute cette zone, l'étage infralittoral est toujours situé à l'intérieur des 0 - 20 m.

## MÉTHODES

Pour calculer les surfaces de l'étage infralittoral situé entre 0 et -20 m et celles des aménagements réalisés sur la mer, nous avons utilisé deux méthodes choisies pour leur grande précision et déjà employées pour les deux études précédentes.

- L'une consiste à reproduire la partie de la carte étudiée sur un papier cartonné homogène, puis à découper les zones à mesurer et de les peser sur une balance de précision ( $\pm 0,0001$  g). Par comparaison avec le poids d'une surface connue de papier cartonné on obtient les résultats;
- L'autre consiste simplement à appliquer une feuille de papier millimétré transparente sur la surface à mesurer. Après le décompte des  $\text{mm}^2$ , on élève la surface obtenue à l'échelle de la carte.

L'utilisation simultanée de ces deux méthodes tout à fait différentes permet d'une part de mettre à jour les erreurs éventuelles de calculs ou de mesures (probables sur plusieurs centaines de mesures) et d'autre part, de considérer la moyenne des deux résultats. Enfin, pour plus de précision, si l'écart entre la moyenne et les deux résultats est supérieure à 1,5 %, nous avons refait les deux mesures.

Pour certains secteurs où l'isobathe -20 m est très proche d'un trait de côte souvent sinueux, nous avons agrandi d'un facteur 2 les cartes marines utilisées (par photocomposition). Ce procédé a permis d'augmenter la précision des mesures et de rapprocher les deux résultats dans la limite des  $\pm 1,5$  % par rapport à leur moyenne. Pour tous les calculs de surfaces nous avons arrondi le résultat définitif au 1/100 d'ha.

Les calculs des surfaces de petits fonds situés entre 0 et -20 m ont été effectués sur 9 cartes du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. Pour les Bouches-du-Rhône, il convient de signaler que les cartes du S.H.O.M. sont très précises pour l'Est du département (de Fos aux Lecques: échelles comprises entre 1/10 000 et 1/25 000), tandis qu'à l'Ouest (delta du Rhône) les cartes n'existent qu'à des échelles avoisinant le 1/50 000. Dans le cas où un secteur est couvert par plusieurs cartes, nous avons effectué nos calculs sur la carte présentant la plus grande échelle (pour augmenter la précision des résultats). Les références des cartes utilisées figurent dans la bibliographie.

Les calculs de surface des petits fonds ne tiennent pas compte, ni de la morphologie du fond, ni de la dénivéla-

tion; ils concernent uniquement la surface projetée sur un plan horizontal. Ces calculs ont été effectués à partir de la ligne de côte naturelle. Pour les secteurs où des aménagements ont modifié la ligne du rivage, nous avons tenu compte du tracé initial. Dans certains cas, (comme pour la rade de Marseille), nous avons recherché sur 3 cartes très anciennes le tracé initial du littoral. Ainsi, les résultats de tous nos calculs de petits fonds concernent la surface initiale (avant toute restructuration).

L'étage infralittoral compris entre 0 et - 10 m où vit la majeure partie des espèces photophiles a été distingué de celui situé entre 0 et - 20 m (ces 2 isobathes figurent sur les cartes utilisées).

Pour le calcul des surfaces des aménagements nous avons dans un premier temps dressé un inventaire exhaustif de tous les ouvrages réalisés sur le domaine maritime (dont la surface est supérieure à 0,01 ha). Pour réaliser cet inventaire nous avons effectué d'une part plusieurs visites des côtes le long du rivage et, d'autre part un survol aérien de tout le littoral. Nous nous sommes ensuite procurés 38 plans d'aménagements auprès des Services Techniques des municipalités littorales ainsi qu'auprès des Services de l'Équipement et du Port autonome de Marseille. Les plans des ouvrages ainsi recueillis sont tous à des échelles commodes pour nos calculs de surface (entre le 1/250 et le 1/1 000 pour les petits ouvrages et entre le 1/1 000 et le 1/5 000 pour les ouvrages les plus importants). A ces échelles et par les contours géométriques réguliers des aménagements, les écarts entre les 2 résultats des calculs de surfaces (effectués chaque fois par les 2 méthodes décrites), sont le plus souvent nettement inférieurs à 1 % par rapport à leur moyenne. Des photos aériennes prises lors du survol aérien ont permis de corriger certains plans qui se sont avérés soit périmés (constats de modifications importantes des ouvrages), soit à des échelles erronées. Enfin pour certains ouvrages de taille inférieure à 2 ha, nous n'avons pu trouver de plans commodes pour calculer leurs surfaces, celles-ci ont été mesurées sur place.

Pour les calculs de surface des aménagements, nous avons tenu compte uniquement des surfaces gagnées sur la mer. Ainsi les surfaces des plans d'eau des ports creusés sur terre (ex. : Bassins de Fos) ont été mesurées, mais non ajoutées aux plans d'eau situés sur le domaine maritime. Pour les digues des ouvrages maritimes, nous n'avons tenu compte que des surfaces émergées; la surface des fonds recouverts par la base des ouvrages mais restant immergée n'a pas été comptée. Pour les ports et les plages alvéolaires, nous avons distingué les parties émergées du plan d'eau endigué rentrant également dans l'inventaire des surfaces aménagées. Les limites des plans d'eau sont toujours déterminées par le tracé le plus court entre les 2 extrémités de digue (ou d'une digue à la côte) qui protègent le plan d'eau. Nous avons tenu compte des vieux ports, car leur aspect artificiel reste toujours présent et leurs plans d'eau ont les mêmes caractéristiques que ceux des nouveaux ouvrages.

Pour le calcul du linéaire du rivage et des restructurations, nous avons pris les mesures au curvimètre de précision. La moyenne de plusieurs mesures pour un même linéaire a été considérée. Tous ces calculs ont été faits sur 14 cartes de l'institut géographique national (I.G.N.) ou du S.H.O.M., à une échelle comprise entre le 1/17 000 et le 1/25 000. Pour le calcul du linéaire d'un rivage aménagé, nous avons mesuré la ligne de côte initiale modifiée par l'ouvrage (et non la nouvelle ligne du rivage représentée par la digue extérieure).

Le littoral du département des Bouches-du-Rhône présente des aspects variés. Les connaissances sur le milieu marin de ce littoral nous ont permis de découper ce littoral en 11 secteurs relativement homogènes. Les limites de ces secteurs sont naturelles (caps, pointes etc...); elles ne tiennent pas compte des frontières administratives existantes (communes, prud'homies de pêche etc...). Les limites des secteurs choisis sont indiquées sur le tableau I.

## RÉSULTATS

Les résultats sont présentés sous forme de 6 tableaux.

Deux cartes localisent les 53 aménagements inventoriés et les 11 secteurs délimités.

Parmi l'ensemble des aménagements inventoriés, (liste et numéro de référence Tabl. V), nous avons relevé des cas particuliers qui nécessitent les précisions suivantes.

– *Terre-plein des Moulins (n° 1)*. – Cet aménagement est également connu sous le nom de « Restaurant King – Les trois frères ».

– *Port de La Ciotat (n° 8)*. – La forme de radoub du chantier naval a été comptée comme terre-plein car aucune vie marine ne peut y persister.

– *Port Miou (n° 10)*. – Le fond de cette calanque a été transformé en port aménagé simplement par de nombreux appontements légers. Le plan d'eau occupé toute l'année par des bateaux au mouillage, présente les mêmes caractéristiques que les plans d'eau de ports artificiels. Le fond est notamment constitué de vases polluées : Gaillande (1968). Nous avons donc tenu compte de ce plan d'eau.

– *Vieux port de Marseille (n° 26)*. – Seul le plan d'eau compris entre le Fort Saint-Nicolas et le Fort Saint-Jean a été retenu. En fait, le vieux port de Marseille se situe dans une anse naturelle qui fut comblée petit à petit au cours des siècles passés (jusqu'en 1840) par de multiples aménagements successifs. Nous n'avons pas tenu compte du bassin de carénage (situé sous le Fort Saint-Nicolas) qui a été creusé sur terre vers 1830 (surface de ce plan d'eau 0,96 ha).

– *Bassins portuaires de Marseille (n° 27)*. – Cet aménagement comprend l'ensemble des bassins portuaires

Tabl. I. — Côtes des Bouches-du-Rhône : délimitation des secteurs.

*Bouches-du-Rhône coast : district delimitation.*

No du secteur	Dénomination	Limites	
		est	ouest
1	Baie de la Ciotat	Limite départementale	Bec de l'Aigle
2	Baie de Cassis	Bec de l'Aigle	Port Miou (Pointe Est)
3	Les Calanques	Port Miou (Pointe Est)	Cap Croisette
4	Rade du Prado	Cap Croisette	Pointe d'Endoume
5	Iles du Frioul et du Planier		
6	Rade de Marseille	Pointe d'Endoume	Cap Méjean
7	Côte Bleue	Cap Méjean	Cap Couronne
8	Ponteau	Cap Couronne	Fort de Bouc
9	Golfe de Fos	Fort de Bouc	Pointe du They de la Gracieuse
10	Embouchure du Rhône	Pointe du They de la Gracieuse	Pointe de Beauduc
11	Golfe des Stes Maries	Pointe de Beauduc	Rhône vif Limite départementale

Tabl. II. — Côtes des Bouches-du-Rhône : surfaces de l'étage infralittoral (entre 0 et -10 m et -10/-20 m) en hectares.

*Bouches-du-Rhône coasts : surface-areas of the infralittoral zone (between 0 and -10 m and -10/-20 m) in hectares.*

No du secteur	Dénomination	0/-10	-10/-20	Total 0/-20
1	Baie de la Ciotat	276,35	250,01	526,36
2	Baie de Cassis	108,39	143,56	251,95
3	Les Calanques	150,02	424,30	574,32
4	Rade du Prado	415,81	516,54	932,35
5	Iles du Frioul et Planier	144,82	148,66	293,48
6	Rade de Marseille	607,27	773,11	1 380,38
7	Côte Bleue	396,76	420,23	816,99
8	Ponteau	451,43	487,72	939,15
9	Golfe de Fos	3 379,95	1 807,07	5 187,02
10	Embouchure du Rhône	5 233,38	4 773,79	10 007,17
11	Golfe des Stes Maries	6 423,43	12 515,04	18 938,47
Total : Côtes des Bouches du Rhône		17 587,61 ha	22 260,03 ha	39 847,64 ha
dont :				
a - Côte rocheuse (de la Ciotat à Fort de Bouc, secteurs 1 à 8)		2 550,85 ha	3 164,13 ha	5 714,98 ha
b - Delta du Rhône (de Fort de Bouc aux Stes Maries, secteurs 9 à 11)		15 036,76 ha	19 095,90 ha	34 132,66 ha

depuis l'extrémité de la digue Sainte-Marie Pointe de la Désirade jusqu'à l'ouest de la digue du Port de la Corbière. Seul le bassin du Vieux Port a été considéré à part (n° 26). Les formes de radoub ont été comptées comme terre-plein (aucune vie marine ne peut y persister). L'emplacement des docks flottants a été compté comme plan d'eau.

Il convient de signaler que, si le port occupe presque la totalité des petits fonds situés entre 0 et -20 m, une petite partie de l'avant port Nord et du bassin Léon Gouret a été construite sur des fonds compris entre -20 et -30 m. Par ailleurs, nous n'avons pas trouvé de cartes antérieures à la construction des ports de Marseille où figurent les isobathes -10 et -20 m. Cependant, nous avons constaté que le trait de côte initial et les isobathes -10 et -20 m délimitent deux zones (0/-10 m, -10/-20 m) de largeur à peu près identique. Ainsi, pour répartir les surfaces portuaires

situées d'une part entre 0 et -10 m et d'autre part entre -10 et -20 m, nous avons effectué une estimation en divisant la surface totale du port en 2 parties égales (413 ha sur 0/-10 m et 413 ha sur -10/-20 m).

— *Port abri de l'anse de Lauron (n° 44)*. — Cette anse naturelle est un mouillage permanent avec quelques aménagements légers (dont des appontements en bois).

— *Anse d'Auguette (n° 48)*. — Cette anse a été fermée par 2 digues et a été transformée en bassin de décantation pour les eaux usées industrielles de Naphtachimie.

— *Ancien bassin de Naphtachimie (n° 49)*. — Ce bassin était autrefois une anse qui a été fermée pour servir de bassin de décantation des eaux usées de Naphtachimie. A la suite d'une tempête, la digue a cédé, depuis ce bassin n'est plus utilisé par Naphtachimie.

— *Golfe de Fos (Secteur 9)*. — Dans ce secteur on peut distinguer les 5 catégories d'aménagement suivantes :

1) Le terre-plein gagné sur la mer (le terre-plein de l'appontement des pétroliers) et le plan d'eau compris entre les 2 digues de ce terre-plein.

2) Les plans d'eaux portuaires gagnés sur la terre ou sur des étangs plus ou moins saumâtres (Darse Sud, Darse n° 1, Darse n° 2 et étang de Gloria).

3) Les creusements de front de mer (entre les darses 1 et 2 et devant l'étang de Gloria).

4) Les chenaux creusés en mer (petits fonds compris entre 0/-10 dragués et maintenant entre -10/-20 m ou > à -20 m, et petits fonds situés initialement entre -10/-20 m et maintenant > à -20 m).

5) Les dépôts de dragage qui ont été effectués devant Fort de Bouc sur des fonds situés entre 0 et -10 m.

— Pour notre étude, nous ne tenons compte que des aménagements gagnés sur la mer (les deux premières catégories). Cependant, nous donnons ci-dessous les surfaces des autres aménagements qui ont également profondément modifié le littoral.

### Surface des aménagements particuliers

— *Plans d'eau portuaires gagnés sur la terre :*

• darse sud	67,20 ha
• darse n° 1	248,56 ha
• darse n° 2	249,87 ha
• étang de Gloria	42,11 ha
Total	607,74 ha

— *Aménagement des fronts de mer par creusement :*

• entre darses n° 1 et n° 2	3,52 ha
• devant l'étang de Gloria	4,66 ha
• entre Port Carteau et digue Saint-Louis	4,25 ha
Total	12,43 ha

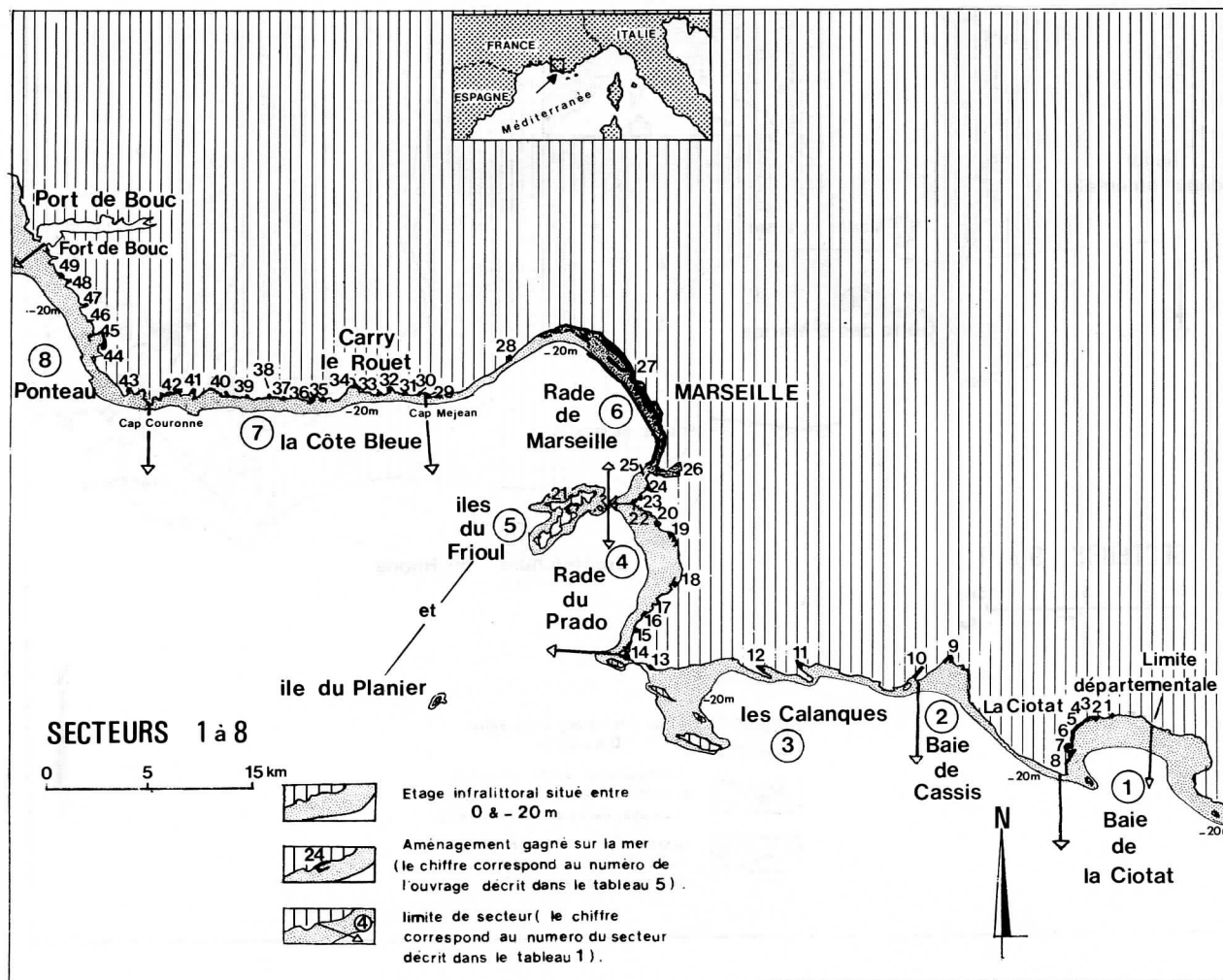


Fig. 1. - Localisation des secteurs et des aménagements gagnés sur la mer de la côte rocheuse de l'Est du département des Bouches-du-Rhône.

Localisation of the districts and developments built upon the sea-bed on the rocky coasts in the Eastern part of the department of Bouches-du-Rhône.

- Chenaux creusés en mer :

• 0/ - 10 dragué en - 10/ - 20 m . . .	203,84 ha
• 0/ - 10 dragué supérieur à - 20 m . . .	152,33 ha
• - 10/ - 20 dragué supérieur à - 20 m . . . . .	198,91 ha
Total . . . . .	555,08 ha

- Dépôt de dragage devant Fort de Bouc : 170,32 ha

- Embouchure du Rhône (Secteur 10). - Le tracé de cette côte subit des fluctuations naturelles parfois importantes (atterrissement ou gains de mer). Elles sont susceptibles de modifier les surfaces de petits fonds situés au devant.

- Epis des Saintes-Marie-de-la-Mer (n° 53). - 7 épis mesurant chacun plus de 0,01 ha.

ANALYSE DES RÉSULTATS

En considérant l'étendue et les caractéristiques sédimentologiques et biocénologiques des petits fonds des Bouches-du-Rhône, on peut distinguer les 2 zones suivantes :

- la côte rocheuse de l'Est du département de La Ciotat à Fort de Bouc (secteurs 1 à 8) qui présente une surface d'étage infralittoral (entre 0 et - 20 m) très exiguë (2 551 ha entre 0 et - 10 m ; 3 164 ha entre - 10 et - 20 m, soit 5 715 ha entre 0 et - 20 m). Sur la plupart des fonds de cette zone, une couverture végétale dense peut s'observer. L'herbier de Posidonies se rencontre dans tous les secteurs (Giraud, 1980).

- La côte sableuse de l'Ouest du département de Fort de Bouc à Saintes-Maries (secteurs 9 à 11) qui présente une vaste surface de petits fonds constitués par l'accumulation des alluvions du Rhône (15 037 ha entre

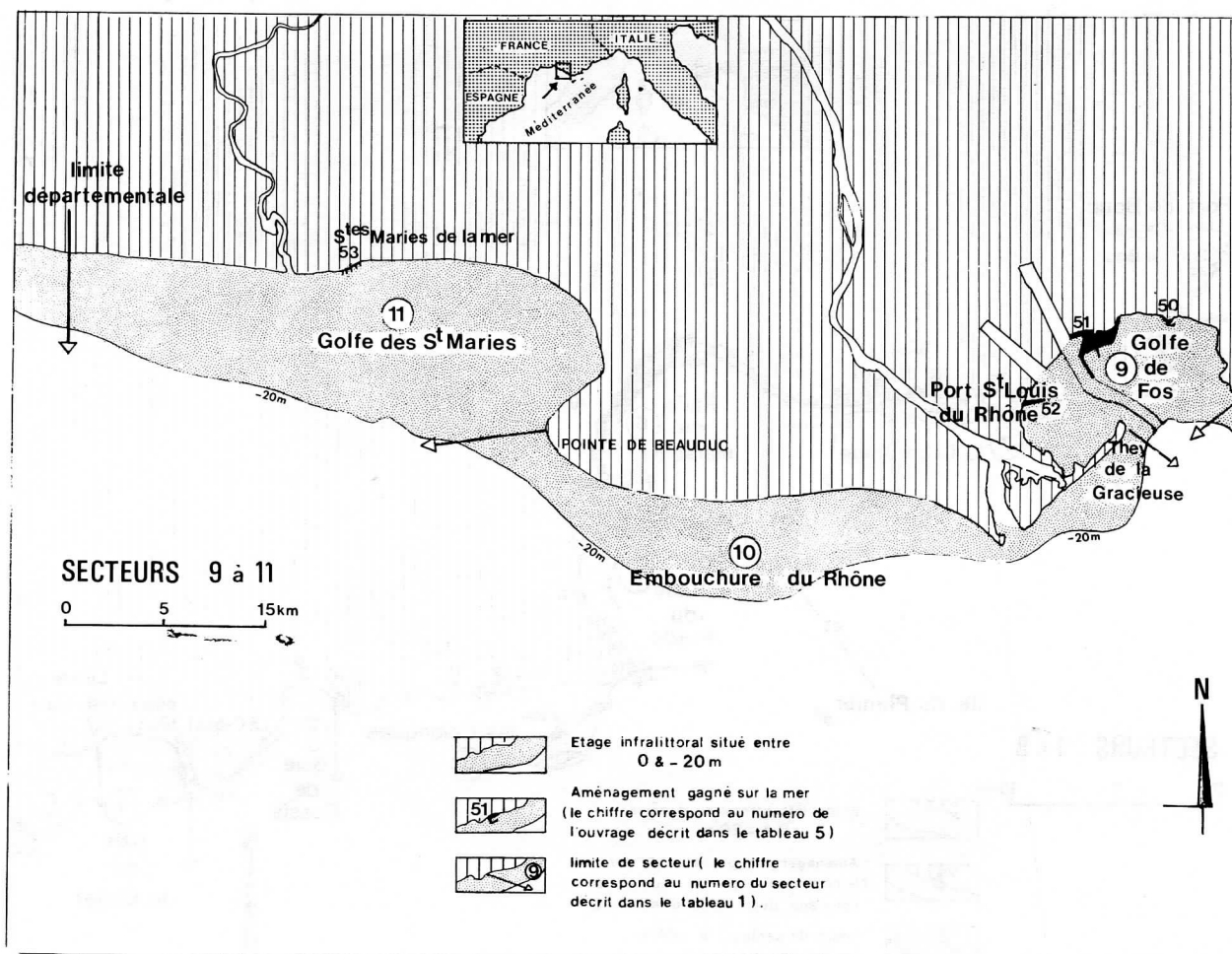


Fig. 2. - Localisation des secteurs et des aménagements de la côte sableuse de l'Ouest des Bouches-du-Rhône.  
 Localisation of the districts and managements built upon the sea-bed on the sandy coasts in the West of Bouches-du-Rhône.

Tabl. III. - Côtes des Bouches-du-Rhône : linéaire du littoral (longueur de la côte initiale avant tout aménagement).  
 Bouches-du-Rhône coasts : littoral length (initial coast length before any management).

No du	Dénomination	Echelle des cartes de référence	Linéaire (km)
1	Baie de la Ciotat	1/20000 <sup>0</sup>	12,2
2	Baie de Cassis	1/20000 <sup>0</sup>	13,5
3	Les Calanques	1/25000 <sup>0</sup>	47,7
4	Rade du Prado	1/17000 <sup>0</sup>	12,7
5	Iles du Frioul et Planier	1/17000 et 1/25000 <sup>0</sup>	21,4
6	Rade de Marseille	1/17000 et 1/25000 <sup>0</sup>	25,7
7	Côte Bleue	1/25000 <sup>0</sup>	23,7
8	Ponteau	1/25000 <sup>0</sup>	17,9
9	Golfe de Fos	1/25000 <sup>0</sup>	31,2
10	Embouchure du Rhône	1/25000 <sup>0</sup>	36,1
11	Golfe des Stes Maries	1/25000 <sup>0</sup>	39,5
Total des Côtes des Bouches du Rhône (sur cartes au 1/17000 <sup>0</sup> et 1/25000 <sup>0</sup> )			281,6 km
Dont :			
a - Côte rocheuse (de la Ciotat à Fort de Bouc, secteurs 1 à 8)			174,8 km
b - Côte du delta du Rhône (de Fort de Bouc aux Stes Maries, secteurs 9 à 11)			106,8 km

Tabl. IV. - Côtes des Bouches-du-Rhône : surfaces et linéaires des aménagements construits sur la mer par secteurs.  
 Bouches-du-Rhône coasts : surfaces and length of the managements built upon the sea-bed in each district.

No du secteur	Dénomination	Surfaces (en ha)			Linéaire (en km)
		Plan d'eau	Terre plein	Total	
1	Baie de la Ciotat	23,26	40,52	63,78	3,4
2	Baie de Cassis	3,38	2,41	5,79	0,56
3	Les Calanques	4,83	0,48	5,31	2,21
4	Rade du Prado	21,95	38,37	60,32	3,23
5	Iles du Frioul et Planier	23,91	2,20	26,11	1,65
6	Rade de Marseille	439,51	412,69	852,20	15,99
7	Côte Bleue	11,51	2,76	14,27	3,54
8	Ponteau	23,18	3,00	26,18	4,42
9	Golfe de Fos	80,69	170,61	251,30	9,00
10	Embouchure du Rhône	0	0	0	0
11	Golfe des Stes Maries	0	1,05	1,05	0,16
Total du Département		632,22 ha	674,09 ha	1306,31 ha	44,16 km
Dont :					
a - Aménagements sur la côte rocheuse (de la Ciotat à Fort de Bouc, secteurs 1 à 8)		551,53 ha	502,43 ha	1053,96 ha	35 km
b - Aménagements sur la côte du Delta du Rhône (de Fort de Bouc aux Stes Maries, secteurs 9 à 11)		80,69 ha	171,66 ha	252,35 ha	9,16 km

Tabl. V. – Côtes des Bouches-du-Rhône : inventaire, surfaces et linéaires des aménagements gagnés sur la mer.  
*Bouches-du-Rhône coasts : inventory, surface-areas and length of the managements built upon the sea-bed.*

No du secteur	Inventaire No, nom et commune	Surfaces (en ha)			Linéaire (km)
		Plan d'eau	Terre plein	Total	
1	1 - Terre-plein des Moulins (La Ciotat)	0	0,05	0,05	0,04
1	2 - Port St Jean (La Ciotat)	0,51	0,47	0,98	0,15
1	3 - Plages alvéolaires est (La Ciotat)	1,25	1,70	2,95	0,52
1	4 - Plages alvéolaires ouest (La Ciotat)	0,96	1,01	1,97	0,23
1	5 - Port des Flots Bleus (La Ciotat)	0,31	0,18	0,49	0,09
1	6 - Ports de plaisance de La Ciotat (La Ciotat)	4,21	4,73	8,94	0,65
1	7 - Terre plein du parking (La Ciotat)	0	1,47	1,47	0,2
1	8 - Port de Commerce et chantier naval (La Ciotat)	16,02	30,91	46,93	1,52
2	9 - Port de Cassis (Cassis)	3,38	2,41	5,79	0,56
3	10 - Port Miou (Cassis)	3,78	0,15	3,93	1,4
3	11 - Port de Morgiou (Marseille)	0,54	0,22	0,76	0,3
3	12 - Port de Sormiou (Marseille)	0,16	0,04	0,2	0,1
3	13 - Port de Callegongue (Marseille)	0,18	0,04	0,22	0,21
3	14 - Port des Croisettes (Marseille)	0,17	0,03	0,2	0,2
4	15 - Port des Goudes (Marseille)	1,68	0,64	2,32	0,43
4	16 - Port de la Calanque de l'Escalette (Marseille)	0,22	0	0,22	0,22
4	17 - Port de la Madrague de Montredon (Marseille)	0,66	0,52	1,18	0,27
4	18 - Port de la Pointe Rouge (Marseille)	8,09	12,96	21,05	0,84
4	19 - Plages alvéolaires du Prado (Marseille)	10,92	23,47	34,39	1,27
4	20 - Plage alvéolaire et port du Prophète (Marseille)	0,38	0,78	1,16	0,2
5	21 - Port du Frioul (Marseille)	23,91	2,20	26,11	1,65
6	22 - Terre-plein du cercle des officiers de la Calanque de Malmouque (Marseille)	0	0,05	0,05	0,05
6	23 - Port de la Calanque de Malmouque Marseille	0,10	0	0,10	0,12
6	24 - Port du Vallon des Auffes (Marseille)	0,32	0,71	1,03	0,30
6	25 - Digue des Catalans (Marseille)	0	0,4	0,4	0
6	26 - Vieux Port de Marseille (Marseille)	23,57	0	23,57	2,1
6	27 - Ports de Marseille (Marseille)	414,95	411,46	826,41	13,2
6	28 - Port de la Calanque de Niolon (Marseille)	0,57	0,07	0,64	0,22
7	29 - Port du Grand Méjean (Ensuès la Redonne)	0,24	0,10	0,34	0,17
7	30 - Port du Petit Méjean (Ensuès la Redonne)	0,36	0,04	0,40	0,2
7	31 - Port de Figuière (Ensuès la Redonne)	0,42	0,18	0,60	0,17
7	32 - Port de la Redonne (Ensuès la Redonne)	0,66	0,21	0,87	0,21
7	33 - Port de la Madrague de Gignac (Ensuès la Redonne)	0,58	0,34	0,92	0,30
7	34 - Port du Rouet (Carry le Rouet)	0,37	0,30	0,67	0,14
7	35 - Abri de la Calanque du Cap Roussel (Carry le Rouet)	0,25	0,01	0,26	0,15
7	36 - Port de Carry (Carry le Rouet)	3,05	0,67	3,72	0,55
7	37 - Digue de la Tuilière (Carry le Rouet)	0	0,01	0,01	0,05
7	38 - Digue des Baumettes (Sausset les Pins)	0	0,02	0,02	0,05
7	39 - Plage alvéolaire des Rives d'or (Sausset les Pins)	0,33	0,16	0,49	0,10
7	40 - Port de Sausset les Pins (Sausset les Pins)	3,00	0,70	3,70	0,75
7	41 - Port des Tamaris (Martigues)	2,25	0,01	2,26	0,35
7	42 - Terre-plein de la Saucce (Martigues)	0	0,01	0,01	0,35
8	43 - Port de Carro (Martigues)	2,72	1,20	3,92	0,60
8	44 - Port Abri de l'Anse de Lauron (Martigues)	1,62	0	1,62	0,48
8	45 - Port de la Centrale électrique de Ponteau (Martigues)	10,86	1,7	12,56	1,56
8	46 - Port de la Calanque des Renaies (Martigues)	0,85	0,01	0,86	0,50
8	47 - Port de Ponteau (Martigues)	2,81	0,02	2,83	0,52
8	48 - Anse d'Auguette (Martigues)	2,20	0,06	2,26	0,52
8	49 - Ancien bassin Naphtachimie (Martigues)	2,12	0,01	2,13	0,24
9	50 - Port de St Gervais (Fos-sur-Mer)	4,38	2,80	7,18	0,32
9	51 - Appontements des pétroliers (Fos-sur-Mer)	76,31	164,66	240,97	8,63
9	52 - Digue de Port St Louis (Port St Louis)	0	3,15	3,15	0,05
11	53 - Epis des Stes Maries (Stes Maries)	0	1,05	1,05	0,16
Total : 53 aménagements gagnés sur la mer		632,22 ha	674,09 ha	1306,31 ha	44,16 km

Parmi ces 53 aménagements gagnés sur la mer, on peut distinguer :

- 20 ports abris (d'une surface inférieure à 2 ha)
- 15 ports (d'une surface supérieure à 2 ha)
- 5 plages alvéolaires
- 9 digues ou terre-pleins isolés (d'autres digues et terre-pleins peuvent être compris avec les autres aménagements)
- 2 bassins de décantation d'eaux usées
- 2 complexes portuaires de surface supérieure à 100 ha (ports de Marseille et Appontements des Pétroliers de Fos).

0 et - 10 m, 19 096 ha entre - 10 et - 20 m, soit 34 133 ha entre 0 et - 20 m). La surface des fonds comprise entre 0 et - 20 m de cette zone (34 133 ha) est plus importante que celle des petits fonds (0/ - 20 m) des côtes des Alpes-Maritimes (5 327 ha), du Var (20 431 ha) et de l'Est des côtes des Bouches-du-Rhône (5 715 ha) réunis (31 473 ha)! Mis à part un herbier de

Posidonie de faible surface et très dégradé situé à l'Est du Golfe de Fos (entre la pointe Saint Gervais et le Cap d'Aiguade; Giraud 1980, carte n° 4), ces Phanérogames marines sont absentes dans toute cette zone.

L'impact des ouvrages gagnés sur la mer est très important sur la côte rocheuse du département (entre La Ciotat et Fort de Bouc, secteurs 1 à 8). Dans cette zone,

Tabl. VI. - Côtes des Bouches-du-Rhône : taux d'occupation de la surface de l'étage infralittoral (0 à -20 m) et du linéaire du littoral par les aménagements gagnés sur la mer.

*Bouches-du-Rhône coasts : rates of the occupation of the infralittoral zone surface (between 0 and -20 m) and of the coastal length by the managements built upon the sea-bed.*

No du secteur	Dénomination	Taux d'occupation			
		de l'étage infralittoral (surfaces)			du littoral (linéaire)
		0-10 m %	-10/-20 m %	0-20 m %	%
1	Baie de la Ciotat	23,08	0	12,12	27,87
2	Baie de Cassis	5,34	0	2,30	4,15
3	Les Calanques	3,54	0	0,92	4,63
4	Rade du Prado	14,51	0	6,47	25,43
5	Iles du Frioul et du Planier	18,03	0	8,90	7,71
6	Rade de Marseille	72,29	53,45	61,74	62,22
7	Côte Bleue	3,60	0	1,75	14,94
8	Ponteau	5,80	0	2,79	24,69
9	Golfe de Fos	7,44	0	4,84	28,85
10	Embouchure du Rhône	0	0	0	0
11	Golfe des Stes Maries	0,02	0	0,005	0,4
Ensemble du littoral des Bouches du Rhône		5,08	1,86	3,28	15,68
Dont :					
a - Littoral des côtes rocheuses (entre La Ciotat et Fort de Bouc, secteurs 1 à 8)		25,12	13,06	18,44	20,02
b - Littoral du Delta du Rhône (entre Fort de Bouc et Stes Maries, secteurs 9 à 11)		1,68	0	0,74	8,57

48 aménagements représentent 1 054 ha, ils ont détruit ou profondément altéré :

- 25 % des petits fonds situés entre 0 et -10 m,
- 13 % des petits fonds situés entre -10 et -20 m
- 18,5 % des petits fonds situés entre 0 et -20 m.

La plus grande partie de cette destruction de l'étage infralittoral incombe aux constructions portuaires de Marseille qui représentent 411 ha de terre-pleins et 439 ha de plans d'eau. Ces ports construits il y a plus d'un siècle ont détruit un vaste herbier de Posidonie ainsi qu'une zone de pêche très productive (Marion, 1883; Gourret, 1894, p. 305-306).

Ainsi, dans toute cette zone la surface de l'étage infralittoral (0/ -20 m) non aménagée est passée en 150 années de 5 715 ha à 4 661 ha.

Sur la côte Ouest du département (entre Fort de Bouc et Saintes-Maries; secteurs 9 à 11), où l'étendue des petits fonds est considérable, l'occupation des fonds par les aménagements gagnés sur la mer ne représente que 1,5 % des petits fonds situés entre 0 et -10 m et 0,7 % des fonds situés entre 0 et -20 m. Il convient cependant de signaler que ces aménagements sont concentrés dans le Golfe de Fos (secteur 9) qui a, par ailleurs, été profondément modifié par des dragages (555 ha de chenaux creusés et 170 ha de dépôts de dragages) dont nous n'avons pas tenu compte dans l'inventaire des aménagements gagnés sur la mer. L'impact de ces dragages a été décrit (Picard, 1978).

Au total pour tout le département, 53 ouvrages soit 1 306 ha ont été gagnés sur la mer. Cette surface comprend d'une part les digues et terre-pleins (674 ha) ainsi que les plans d'eau des ports (618 ha) ou des plages alvéolaires (14 ha). Dans ces plans d'eau le plus souvent pollués par l'activité humaine, la faune et la flore sous-marine ont toujours été modifiées sensiblement dans un sens dommageable (appauvrissement quantitatif et qualitatif) (Bellan, 1976).

Le linéaire du littoral (calculé sur des cartes d'une échelle comprise entre le 1/17 000 et le 1/25 000) s'élève à 281 km. Les 53 ouvrages inventoriés occupent 44 km, ce qui représente 15,5 % de ce littoral. Pour l'Est du département (entre La Ciotat et Fort de Bouc) on trouve 175 km de côte rocheuse dont 35 km ont été endigués (21 %). A l'Ouest du département on trouve 107 km de côte sableuse dont 9 km ont été endigués (8,5 %).

L'impact direct des 53 aménagements inventoriés sur les petits fonds est d'une part la destruction irréversible des zones recouvertes par les ouvrages (terre-pleins, digues, quais, etc...), et d'autre part un appauvrissement des zones transformées en plan d'eau portuaire. Notre étude permet d'évaluer l'ampleur de ces 2 dégradations. Cependant, l'impact d'un ouvrage sur la vie marine s'étend également à l'extérieur de la zone aménagée. Ces dégradations « secondaires » sont plus difficiles à évaluer. Citons en premier lieu les modifications hydrodynamiques et sédimentologiques entraînées par la création d'un ouvrage. Ces modifications peuvent provoquer soit l'érosion des herbiers de Posidonies, soit leur étouffement (Blanc, 1975; Blanc et Jeudy de Grissac, 1978). Des perturbations importantes peuvent même être notées immédiatement après la construction d'un ouvrage dans l'étage ciralittoral périphérique (étude réalisée dans la Baie de La Ciotat par Picard et Bourcier, 1975). Dans certains cas, c'est la technique de construction de l'ouvrage qui est la cause de dégradations importantes au voisinage de l'aménagement (Astier, 1972; Astier, 1975; Nodot *et al.*, 1978). Parmi les différents ouvrages gagnés sur la mer, les ports provoquent à leur périphérie d'autres types de dégradation plus spécifiques. Leurs plans d'eau (618,38 ha sur les côtes des Bouches-du-Rhône) sont le réceptacle de pollutions variées liées à l'activité portuaire (déversements volontaires ou accidentels de détergents, d'huiles, d'hydrocarbures, dilution des peintures antisalissures à base de sels de mercure, d'étain, de cadmium et de cuivre notamment).

Toutes les eaux plus ou moins polluées contenues dans les bassins portuaires se diluent à l'extérieur et atteignent ainsi les biocénoses environnantes. Un impact plus indirect est induit par la récente augmentation du nombre de ports de plaisance. Cette forte augmentation de la capacité d'accueil en bateaux a entraîné une plus grande fréquentation des zones de mouillages périphériques. Or ces mouillages sont peu nombreux, ils accueillent ainsi de plus en plus de plaisanciers qui y séjournent souvent plusieurs jours. Dans ces zones, la seule action physique des systèmes d'ancrage des ba-



teaux peut provoquer des régressions de l'herbier de Posidonies.

L'ensemble de ces impacts secondaires ressentis à l'extérieur des ouvrages reste difficile à évaluer, surtout en l'absence de cartographie précise des biocénoses, avant et après la construction des aménagements.

## CONCLUSION

Notre étude donne les surfaces de l'étage infralittoral des Bouches-du-Rhône (39 847 ha entre 0 et -20 m) et celles de tous les ouvrages gagnés sur la mer inventoriés entre La Ciotat et Saintes-Maries (53 ouvrages = 1 306 ha).

L'impact de ces ouvrages est plus particulièrement ressenti sur les côtes rocheuses situées à l'Est de ce département (de La Ciotat à Fort de Bouc), où 48 ouvrages représentant 1 054 ha ont été construits sur des petits fonds qui ne s'étendaient que sur 5 715 ha (0-20 m), ce qui représente une destruction de 25 % des petits fonds entre 0 et -10 m et 18,5 % entre 0 et -20 m. Ces résultats mettent en évidence l'exiguité de l'étage infralittoral où vit la plus grande partie des espèces benthiques littorales.

Ainsi l'importante destruction des petits fonds des côtes rocheuses des Bouches-du-Rhône, imputable au cumul des multiples aménagements gagnés sur la mer depuis plus d'un siècle, a réduit notablement et à jamais la surface des fonds où la vie marine benthique est très riche. Dans l'avenir il faudra considérer que chaque aménagement supplémentaire augmentera encore cette dégradation irréversible du milieu qui doit être considérée avec autant d'attention que les autres nuisances (rejets industriels et urbains) qui s'exercent sur les mêmes biocénoses.

**REMERCIEMENTS.** — Nous remercions M. A. Candella qui a réalisé le dessin des cartes, ainsi que les services techniques des administrations et collectivités locales du département des Bouches-du-Rhône qui nous ont permis d'utiliser les documents cartographiques des ouvrages réalisés sur le domaine maritime.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASTIER, J.M., 1972. Régression de l'herbier de Posidonies en rade des Vignettes à Toulon. *Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. Toulon, Var*, **24** : 97-103.
- ASTIER, J.M., 1975. Cartographie des fonds marins de la région de Toulon par le groupe « ECOMAIR ». *Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. Toulon, Var*, **27** : 120-132.
- BELLAN, G., 1976. Recherches biologiques dans les grands ensembles portuaires : leurs enseignements. *Trav. Rot. intern.* : « *La biologia marina per la difesa e per la produttività del mare* », Livorno, 20-21 ; Maggio, 1974, 31-49.

- BLANC, J.J., 1975. Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Document ronéotypé édité par l'auteur et le C.N.E.X.O., 163 p.
- BLANC, J.J. et A. JEUDY de GRISSAC, 1978. Recherches de Géologie sédimentaire sur les herbiers de Posidonies du littoral de la Provence. Document ronéotypé édité par les auteurs et le Centre National pour l'Exploitation des Océans, 185 p.
- CRISTIANI, G., 1980. Biomasse et répartition de l'herbier de *Posidonia oceanica* de la Côte Bleue (B-d-Rh. France) et pollution marine par les métaux lourds. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Aix-Marseille, Faculté des Sciences et techniques Saint Jérôme, 150 p., 1 carte.
- GAILLANDE (De), D., 1968. Monographie des peuplements benthiques d'une calanque des côtes de Provence : Port Miou. *Rec. Trav. Stn. Mar. End.*, **60** (44) : 257-388.
- GIRAUD, G., 1980. Synthèse cartographique des herbiers de Posidonies (*Posidonia oceanica*) entre Fos-sur-mer et la rade d'Hyères, rapport édité par la DCAN et l'Université d'Aix-Marseille 2-Luminy, 16 p., 20 cartes.
- GOURRET, P., 1894. Provence des pêcheurs, Réimpression Ed. Serre 1981, 359 p.
- HARMEIN, J.G. et M.A. TRUE, 1964. Délimitation cartographique de l'extension actuelle des herbiers de *Posidonia oceanica* (Delille) dans le Golfe de Marseille. *Rec. trav. St. Mar. Endoume*, **34** (50) : 157-160.
- MARION, A.F., 1883. Esquisse d'une topographie zoologique du Golfe de Marseille. *Ann. Mus. Hist. Nat. (Zool.) Marseille*, **1** (1) : 7-108.
- MEINESZ, A. et J.R. LEFÈVRE, 1978. Destruction de l'étage infralittoral des Alpes-Maritimes (France) et de Monaco par les restructurations du rivage, *Bull. Ecol.*, **9** (3) : 259-276.
- MEINESZ, A., J.M. ASTIER et J.R. LEFÈVRE, 1981. Impact de l'aménagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral du Var (France) (Méditerranée Occidentale). *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, **57** (2) : 65-77.
- NODOT, C., J.M. ASTIER, P. TAILLIEZ et J. TINE, 1978 : Etude d'impact des aménagements littoraux du Mourillon sur l'herbier de *Posidonia oceanica* de la rade des Vignettes (Toulon-Var). *Ann. Soc. Sci. nat. Archéol. Toulon, Var*, **30** : 118-133.
- PICARD, J., 1978. Impact sur le benthos marin de quelques grands types de nuisances liées à l'évolution des complexes urbains et industriels de la Provence occidentale. *Océanis*, **4** (3) : 214-251.
- PICARD, J. et M. BOURCIER, 1975. Evolution sous influences humaines des peuplements benthiques des parages de La Ciotat entre 1954 et 1972. *Téthys*, **7** (2-3) : 213-222.

## CARTES UTILISÉES

- Cartes du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (S.H.M. et S.H.O.M.).
- \* N° 6612 De Cassis à Bandol, « Baie de La Ciotat », 1/20 000, dernière correction 1977.
  - \* N° 5200 Baie de La Ciotat, 1/14 400, dernière correction 1969.
  - \* N° 5190 Golfe de Marseille, 1/25 000, dernière correction, 1978.
  - \* N° 6739 Golfe de Marseille, 1/17 000, dernière correction 1981.

- \* N° 6423 Du phare Faraman au Cap Méjean, 1/49 878, dernière correction 1977.
- \* N° 6684 Port de Bouc - Fos, 1/25 000, dernière correction 1981.
- \* N° 5034 Golfe de Fos, 1/25 000, dernière correction 1962.
- \* N° 5116 Des Saintes-Maries à Saint-Louis du Rhône, 1/49 900, dernière correction 1977.
- \* 5150 De Palavas aux Saintes Maries, 1/49 785, dernière correction 1977.

- Cartes de l'Institut Géographique National (I.G.N.)

- \* Aubagne 5-6, 1/25 000, Edition 1970.
- \* Marseille 1-2, 1/25 000, Edition 1972.
- \* Marseille 3-4, 1/25 000, Edition 1970.
- \* Istres 7-8, 1/25 000, Edition 1975.
- \* Istres 9-10, 1/25 000, Edition 1975.
- \* Istres 11-12, 1/25 000, Edition 1972.
- \* Saintes-Maries 7-8, 1/25 000, Edition 1972.
- \* Saintes-Maries 5-6, 1/25 000, Edition 1972.

- Cartes et plans divers

- \* Carte publiée par ordre du Roi n° 979  
Presqu'île de Giens ou Bec de l'aigle, 1/50 000,  
Edition de 1839 dernière correction 1879
- \* Parages de Marseille année 1819 (enregistrée sous le  
n° 7135 au Musée de la Marine de Marseille)
- \* Carte du port de Marseille et de ses environs levé par  
ordre du Roi, Année 1841, 1/10 000
- \* Plans des services de la direction départementale de  
l'Equipement.  
Echelle entre le 1/500 et le 1/5 000 : 26 plans repré-  
sentant les ouvrages suivants (numéros de référence des  
aménagement du tableau V) 2, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14,  
15, 16, 17, 18, 21, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36,  
37, 40, 43, 50.
- \* Plans de services techniques des Municipalités littorales  
des ports.  
Echelle entre le 1/500 et le 1/10 000.  
12 plans représentant les ouvrages suivants (numéros  
de référence des aménagements du tableau V) 3, 4, 6, 7,  
8, 19, 26, 27, 51, 52, 53.