

10/ A. MEINESZ, 9 Av. Chateaubriand 06100 NICE
Poste Univ. NICE, 38ème S, 5ème SS, N°00828

ANNALES
DE
L'INSTITUT
OCÉANOGRAPHIQUE

NOUVELLE SÉRIE

EXTRAIT

IMPACT DE L'AMÉNAGEMENT DU DOMAINE MARITIME
SUR L'ÉTAGE INFRALITTORAL DU VAR,
FRANCE (MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE)

PAR

A. MEINESZ, J.-M. ASTIER et J.-R. LEFÈVRE

Tome 57 — 1981 — Fascicule 2

MASSON, ÉDITEUR
Paris New York Barcelone Milan

IMPACT DE L'AMÉNAGEMENT DU DOMAINE MARITIME SUR L'ÉTAGE INFRALITTORAL DU VAR, FRANCE (MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE) ⁽¹⁾

PAR

A. MEINESZ *, J.-M. ASTIER * et J.-R. LEFÈVRE *

MOTS-CLÉS : Impact.
Aménagement littoral.
Var, Méditerranée Occidentale.

KEY-WORDS : Impact.
Harbour development.
Var, Western Mediterranean.

Résumé

L'étage infralittoral situé entre 0 et -20 m devant les 362 km de côtes varoises s'étend sur 20 430 hectares. Sur cette surface ont été construits 71 ouvrages divers (ports, terre-pleins, plages alvéolaires) qui représentent 1 322 hectares dont 933 ha de plans d'eau portuaires. Cette emprise sur la mer représente une destruction ou une altération irréversible de 9,92 % des petits fonds situés entre 0 et -10 m et de 6,47 % de l'étage infralittoral situé entre 0 et -20 m.

Abstract

Impact of coastal development
on the infralittoral zone of Var - France
(Western Mediterranean coasts).

The initial infralittoral zone between 0 and -20 meters of the Var coasts (362 km) covered an area of 20 430 hectares. Now, 1 322 ha have been destroyed or seriously altered : 239 ha disappeared under dikes and earth platforms and 933 ha were damaged including inside the harbour dikes.

I. INTRODUCTION

La vocation touristique de la façade maritime des côtes de Provence - Côte d'Azur entraîne un développement intensif de l'aménagement du littoral. Ainsi, ces dix dernières années de nombreux ouvrages ont été gagnés sur le domaine maritime, et actuellement

plusieurs communes littorales envisagent leur extension sur la mer. Ces aménagements (ports de plaisance, plages alvéolaires, terre-pleins) représentent une menace pour l'équilibre écologique du bord de mer. En effet, chaque ouvrage gagné sur la mer

(1) Cette étude est extraite d'un rapport réalisé par les auteurs sous convention entre le Collège Méditerranéen de Réflexion et d'Echange sur l'Environnement (C.O.M.E.R.) et la Mission Interministérielle pour la Protection de l'Aménagement de l'Espace Naturel Méditerranéen.

* Université de Nice, Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Marines, Parc Valrose, F 06034 Nice Cedex.

détruit irréversiblement sa propre surface de vie sous-marine. En outre, toute restructuration du littoral induit 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 un plateau continental très exigü; ainsi, chaque ouvrage gagné sur la mer réduit de façon notable la zone de vie intense du littoral.

Pour évaluer l'impact des aménagements réalisés sur la mer, nous avons essentiellement comparé la surface de l'étage infralittoral situé entre 0 et -20 m à celle de l'ensemble des ouvrages qui ont été édifiés sur le domaine maritime. 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 que l'on peut évaluer avec précision. 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 du Var, la limite inférieure de cet étage n'a pas encore été cartographiée et les références bibliographiques sur la limite inférieure des herbiers de *Posidonia* sont rares (leur inventaire est donné par AUGIER et BOUDOURESQUE, 1979). Ces quelques références, ainsi que de nombreuses plongées en scaphandre autonome effectuées depuis dix années sur les côtes du Var nous permettent d'estimer que cette limite inférieure se situe en moyenne entre -25 et -35 m. Les valeurs extrêmes comme la présence de quelques touffes de Posidonies à -45 m au Sud de l'île du Levant, ou l'arrêt de toute végétation photophile entre -15 et -20 m (Baie de Fréjus) nous semblent exceptionnelles. Ainsi, la zone concernée par notre étude représente la majeure partie de l'étage infralittoral. C'est cette zone peu étendue et très riche en flore et en faune qui est actuellement convoitée par l'homme : tous les ouvrages réalisés sur la mer ont été conçus sur des petits fonds (pour la plupart entre 0 et -10 m).

II. MÉTHODE

Pour calculer les surfaces de l'étage infralittoral situé entre 0 et -20 m et des aménagements réalisés sur la mer, nous avons utilisé deux méthodes décrites dans une étude similaire couvrant les Alpes Maritimes (MEINESZ et LEFÈVRE, 1978).

La différence entre les résultats des deux méthodes est de l'ordre de 1,5 %; pour nos résultats définitifs, nous avons considéré leur moyenne. Ces calculs ne tiennent pas compte, ni de la morphologie du fond, ni de la dénivellation, mais uniquement de la surface projetée sur un plan horizontal.

Les calculs des surfaces de l'étage infralittoral situé entre 0 et -20 m ont été effectués à partir de 17 cartes dont les échelles sont comprises entre 1/25 000^e et 1/7 500^e (les références des cartes utilisées sont données dans la bibliographie). 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). Ces calculs ont été effectués à partir de la ligne de côte naturelle. Pour les secteurs où les restructurations ont modifié la ligne du rivage, nous avons tenu compte du tracé initial. Dans certains cas (comme la rade de Toulon), nous avons dû rechercher le tracé naturel du rivage sur des cartes

anciennes. Ainsi, les résultats de tous nos calculs concernent l'étage infralittoral initial (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 -10 et -20 m (ces deux isobathes sont figurées sur les cartes utilisées).

Pour le calcul des surfaces des restructurations, nous avons dû effectuer un inventaire exhaustif de tous les ouvrages réalisés sur le domaine public maritime (inventaire arrêté à la date du 1^{er} janvier 1979). Plusieurs visites des côtes varoises (par la terre et par la mer) ont permis de dresser une liste de 71 ouvrages. Les plans de ces ouvrages ont été obtenus en grande partie auprès du Service Maritime de la Direction Départementale de l'Équipement du Var qui les a édités à des échelles commodes pour nos calculs. Cinq plans au 1/5 000^e, deux plans au 1/2 500^e, trente et un plans au 1/2 000^e, dix-sept plans au 1/1 000^e et sept plans au 1/500^e ont été utilisés. Pour dix restructurations de petite surface (inférieure à un hectare) nous n'avons pu trouver des plans permettant des calculs précis : les surfaces de ces ouvrages ont été estimées sur place.

Dans ce calcul des restructurations, nous avons

tenu compte uniquement des surfaces gagnées sur la mer. Ainsi, pour les ports creusés sur terre (ex : Port Grimaud) nous n'avons pas considéré les parties du port gagnées sur la terre. Pour les digues des ouvrages maritimes, nous n'avons pas tenu compte des surfaces recouvertes par la mer (contreforts sous-marins, en enrochements des digues par exemple). Pour les ports et plages alvéolaires, nous avons distingué les parties émergées (terre-pleins, digues, etc.) des plans d'eau. Les limites des plans d'eau ont toujours été déterminées par le tracé le plus court entre les deux extrémités des digues (ou d'une digue et de 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 (précision avec les cartes utilisées : ± 12 m 50). La moyenne de plusieurs mesures pour un même linéaire a été considérée. Tous ces calculs ont été effectués sur des cartes dont l'échelle est comprise entre

1/25 000^e et 1/14 400^e (cartes I.G.N. ou S.M.H. citées en référence). Pour le calcul du rivage occupé par une restructuration, nous avons mesuré la ligne de côte initiale modifiée par l'ouvrage (et non la nouvelle ligne du rivage représentée par la digue externe d'un terre-plein ou d'un port).

Entre Théoule et Les Lecques, sur un linéaire de 362 km de côtes, l'étage infralittoral du Var présente des aspects variés : fonds rocheux, sableux ou sablo-vaseux; ces substrats peuvent être recouverts ou non d'herbiers plus ou moins denses. De nombreuses plongées en scaphandre autonome ou en apnée, effectuées depuis plusieurs années dans ce département, ainsi que l'analyse de nombreuses études réalisées dans cette région, nous ont permis de découper ce littoral en dix-huit secteurs relativement homogènes. Les limites naturelles choisies (caps, pointes) ne tiennent pas compte des frontières artificielles existantes (communes, prud'homies, etc.). Ces limites de secteurs sont indiquées sur un tableau récapitulatif (tableau I) et sont tracées sur les cartes du département (fig. 1 et 2).

TABLEAU I. — Côtes du Var. Découpage de la côte en secteurs (voir Fig. 1 et 2).

N° du Secteur	Dénomination	Limites	
		Est	Ouest
1	Esterel.	Limite départementale.	Lion de Terre (St-Raphaël).
2	St-Raphaël - Fréjus.	Lion de Terre (St-Raphaël).	Sud Pointe des Sardioux.
3	Golfe de St-Tropez.	Sud Pointe des Sardioux.	Nord pointe Rabiou.
4	Pampelonne - Bon-Porté et Briande.	Nord Pointe Rabiou.	Cap Lardier.
5	Cavalaire.	Cap Lardier.	Cap Nègre.
6	Lavandou - Bormes.	Cap Nègre.	Cap Bénat.
7	Iles du Levant, Port-Cros et Porquerolles.	—	Pointe de l'Argentière.
8	Bregançon.	Cap Bénat.	Est Cap Esterel (Giens).
9	Rade d'Hyères.	Pointe de l'Argentière.	Pointe du Chevalier.
10	Giens.	Est Cap Esterel (Giens).	Pointe de Carqueiranne.
11	Golfe de Giens.	Pointe du Chevalier.	Grande Jetée.
12	Grande Rade de Toulon.	Pointe de Carqueiranne.	Pointe de la Vieille.
13	Rade abri de Toulon.	Grande Jetée.	Cap Sicié.
14	St-Mandrier.	Pointe de la Vieille.	Petit Gaou.
15	Sicié.	Cap Sicié.	Pointe de la Cride.
16	Embiez - Sanary.	Petit Gaou.	Pointe Engravier.
17	Bandol.	Pointe de la Cride.	Limite départementale.
18	Les Lecques.	Pointe Engravier.	

III. RÉSULTATS

Les résultats sont présentés sous forme de sept tableaux :

Tableau I : Limites des différents secteurs retenus.

Tableau II : Surfaces de l'étage infralittoral (entre 0 et -20 m).

Tableau III : Linéaire du rivage.

TABLEAU II. — Côtes du Var. Surfaces de l'étage infralittoral (0/—10 m, —10 m/—20 m et 0/—20 m) par secteur.

N°	Secteur Dénomination	0 m/—10 m hectares	10 m/—20 m hectares	0 m/—20 m (total) hectares
1	Esterel.	375,23	364,23	739,46
2	St-Raphaël - Fréjus.	618,63	428,74	1 047,37
3	Golfe de St-Tropez.	682,21	666,17	1 348,38
4	Baies de Pampelonne, de Bon-Porté et Briande.	804,24	1 154,69	1 958,93
5	Cavalaire.	448,08	435,63	883,71
6	Lavandou-Bormes.	335,48	391,15	726,63
7	Iles d'Hyères.	756,01	1 197,74	1 962,75
8	Brégançon.	381,34	444,94	826,28
9	Rade d'Hyères.	1 498,63	2 996,62	4 495,25
10	Giens.	181,83	387,07	568,90
11	Golfe de Giens.	866,08	548,7	1 414,78
12	Grande rade de Toulon.	244,81	388,43	583,24
13	Rade abri de Toulon.	752,47	449,41	1 201,88
14	Saint-Mandrier.	341,63	260,60	602,23
15	Sicié.	88,28	154,81	243,09
16	Embiez - Sanary.	571,97	444,96	1 016,93
17	Bandol.	284,15	185,00	470,15
18	Les Lecques.	174,82	165,83	340,65
Total département du Var.		9 414,89	11 015,72	20 430,61

TABLEAU III. — Côtes du Var. Linéaire du rivage par secteur.

N° du Secteur	Cartes	Echelle	Linéaire de côte en km
1	IGN Cannes 1-2 IGN Cannes 5-6 IGN Fréjus 7-8	1/25 000 1/25 000 1/25 000	24,35
2	IGN Fréjus 7-8 IGN St-Tropez 3-4	1/25 000 1/25 000	21,64
3	SHOM N° 5255	1/14 400	20,90
4	SHM N° 5266	1/25 000	22,37
5	SHOM N° 6616	1/25 000	23,22
6	SHOM N° 6616	1/25 000	15,09
7	Levant. Port-Cros. Porquerolles.	SHOM N° 6615 SHOM N° 6615 SHM N° 5151	23,45 20,51 26,62
8	SHM N° 5151	1/25 000	14,47
9	SHM N° 5151	1/25 000	18,19
10	SHM N° 5151 SHOM N° 5175	1/25 000 1/25 000	12,75
11	SHOM N° 5175	1/25 000	17,93
12	SHOM N° 5175	1/25 000	12,18
13	SHOM N° 5175	1/25 000	18,89
14	SHOM N° 5175	1/25 000	16,43
15	SHOM N° 6610	1/20 000	9,53
16	SHOM N° 6610	1/20 000	20,46
17	SHOM N° 6610	1/20 000	11,4
18	SHOM N° 6612	1/20 000	11,94
Total Côtes du Var			362,32 km

presque autant d'étage infralittoral compris entre 0 et —20 m (4,495,25 ha) que ce qui existe actuellement dans toutes les Alpes Maritimes (4 632,92 ha compris entre 0 et —20 m, restructurations déduites, MEINESZ et LEFÈVRE, 1978).

Les restructurations du rivage sont inégalement réparties :

— La partie Nord de la rade de Toulon comprise entre la Grande Jetée et la Pointe Balaguier, présente un grand nombre de restructurations attenantes datant d'époques variées. Ce complexe portuaire de Toulon-La Seyne représente 206,53 ha de terre-pleins et un plan d'eau (confiné par la grande jetée et dragué épisodiquement) de 746,81 ha (entre 0 et —20 m). Pour délimiter la ligne de rivage initiale de ce secteur, nous avons utilisé un plan provenant des Archives du port de Toulon (plan levé en 1808, échelle 1/13 000). Deux générations d'ouvrages portuaires peuvent être distinguées dans cette rade : d'une part ceux des siècles passés (1830-1880) dont la construction de la grande jetée (de 1878-1881 qui a confiné la partie Nord de la rade, et d'autre part le comblement de surfaces importantes effectué les deux dernières décennies (terre-pleins du port marchand et du complexe de Brégaillon). Plusieurs études et documents montrent que la rade était initialement recouverte de prairies de *Posidonia*, *Cymodocea* et *Zostera* (MAGGI, 1973). Une carte récente établie par le groupe ECOMAIR-TOULON (1973) montre la disparition totale de tous les herbiers de phanérogames marines dans ce secteur. De même dans la partie Sud de la rade (Baie du Lazaret) les herbiers autrefois décrits (BONNET, 1927, p. 192) ont considérablement régressé (ECOMAIR-TOULON, 1973).

— Nous pouvons également remarquer la concentration de ports de plaisance comprenant des terre-pleins construits récemment au voisinage des principales villes touristiques (St-Raphaël : 3 ports; Golfe de St-Tropez : 4 ports; Le Lavandou-Bormes : 2 ports; Hyères : 3 bassins portuaires; Sanary-Bandol-St-Cyr et les Lecques : 5 ports).

Inversement, nous avons constaté que certaines portions de côtes restent vierges en restructurations (Secteur 4 : Baies de Pampelonne, de Bon Porté et de Briande; Secteur 15 : Sicié).

Ce sont les fonds situés entre 0 et —10 m qui sont les plus atteints par les restructurations (928,08 ha) contre 394,50 ha entre —10 et —20 m. Ces résultats mettent en évidence que les ouvrages gagnés sur la mer sont réalisés en majeure partie dans des zones à pente douce, par petits fonds où leur construction

est plus aisée. Or, la partie supérieure de l'étage infralittoral présente une flore et une faune spécifiques (photophiles) qui sont ainsi plus particulièrement menacées.

Le linéaire du rivage, calculé sur des cartes dont l'échelle est comprise entre le 1/14 400^e et le 1/25 000^e, s'élève à 362,32 km dont 70,58 km pour les Iles d'Hyères. Les 71 restructurations inventoriées occupent 40,13 km (dont 15,26 km dans la rade de Toulon) ce qui représente un taux d'occupation linéaire de 11,08 %.

L'impact direct des 71 restructurations inventoriées sur les biocoenoses initiales 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 deux 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 circalittoral périphérique (PICARD et BOURCIER, 1975, p. 222). Dans certains cas, c'est la technique de construction de l'ouvrage qui est la cause de dégradations importantes au voisinage de l'aménagement. Ainsi, à Toulon (Le Mourillon) des terrains ont été gagnés sur la mer pour la construction de plages alvéolaires. Les remblais (matériaux hétéroclites et terre) ont été déversés directement à la mer. Une partie de ces matériaux a été emportée par la mer et s'est déposée devant l'ouvrage, ce qui a provoqué l'étouffement des herbiers de *Posidonies* sur une surface évaluée à 35,85 ha (ASTIER, 1972; ASTIER, 1975; NODOT *et al.*, 1978). Parmi les différents ouvrages réalisés, les ports de plaisance provoquent à leur périphérie d'autres types de dégradations plus spécifiques. Leurs plans d'eau (913,17 ha sur les côtes du Var) sont le réceptacle de pollutions variées liées à l'activité portuaire (déversements de détergents d'huiles, d'hydrocarbures, de matières fécales et dilution des peintures antisalissures à base de mercure, de cadmium et de cuivre notamment). Les seuils de contamination en métaux lourds proposés par LAURENT et FERNEX (1977) y sont parfois

dépassés comme à Porquerolles (AUGIER, CHABERT et VICENTE, 1980). Toutes les eaux plus ou moins polluées selon les ouvrages contenues dans les bassins portuaires se diluent à l'extérieur et atteignent ainsi les biocoenoses environnantes. Un impact plus indirect est induit par la récente augmentation du nombre de ports de plaisance du littoral varois. Cette forte augmentation de la capacité d'accueil en bateaux a entraîné une plus grande fréquentation des zones de mouillage périphériques. Or, les zones bien abritées des vents dominants sont peu nombreuses sur les côtes du Var; elles 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 bateaux peut provoquer des régressions de l'herbier de Posidonies comme cela a été établi à Port-Cros (AUGIER et BOUDOURESQUE, 1970 a, 1970 b). Enfin, la dilution des peintures anti-salissures des coques de bateaux est vraisemblablement la cause des taux élevés de contamination par les métaux lourds mesurés dans certaines zones de mouillage (AUGIER *et al.*, 1977).

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

V. CONCLUSION

Notre étude donne les surfaces de l'étage infralittoral du Var (20 430 ha entre 0 et -20 m) et celles de tous les ouvrages gagnés sur la mer, inventoriés entre le Trayas et les Lecques (71 ouvrages = 1 322,58 ha).

Ces résultats mettent en évidence l'exiguïté de l'étage infralittoral où vit la plus grande partie des espèces benthiques littorales. L'impact incontestable des ouvrages sur cette zone de vie intense (essentiellement : destruction ou dégradation de la surface d'implantation de l'ouvrage) et l'importance des sur-

faces ainsi soustraites à l'étage infralittoral permettent de mieux considérer cette altération du milieu marin qui a pour caractéristique d'être en grande partie irréversible.

Ainsi, bien que le taux d'occupation des ouvrages sur l'étage infralittoral varois soit encore faible (9,92 % entre 0 et -10 m et 6,47% entre 0 et -20 m) l'impact de l'ensemble des aménagements réalisés sur le milieu marin est loin d'être négligeable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1970 a. — Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). V. — La baie de Port Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 30 : 145-164.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1970 b. — Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). VI. — Le récif barrière de Posidonies. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 30 : 221-228.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1979. — Premières observations sur l'herbier de Posidonies et le détritique côtier de l'île du Levant (Méditerranée - France), à l'aide du sous-marin « Griffon » de la Marine Nationale. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, 5 : 141-153.
- AUGIER H., CHABERT D., VICENTE N., 1980. — Le port de Porquerolles (îles d'Hyères, Méditerranée, France). II. — Contamination par les métaux lourds. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, 6 : 253-285.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1977. — Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades (Méditerranée, France). II. — Teneur en mercure des eaux, des sédiments, des algues et des animaux benthiques du port de Port-Cros. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, 3 : 9-26.
- BLANC J.J., 1975. — Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Document ronéotypé édité par l'auteur et le Centre National pour l'Exploitation des océans, 163 p.
- BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A., 1978. — Recherches de Géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du

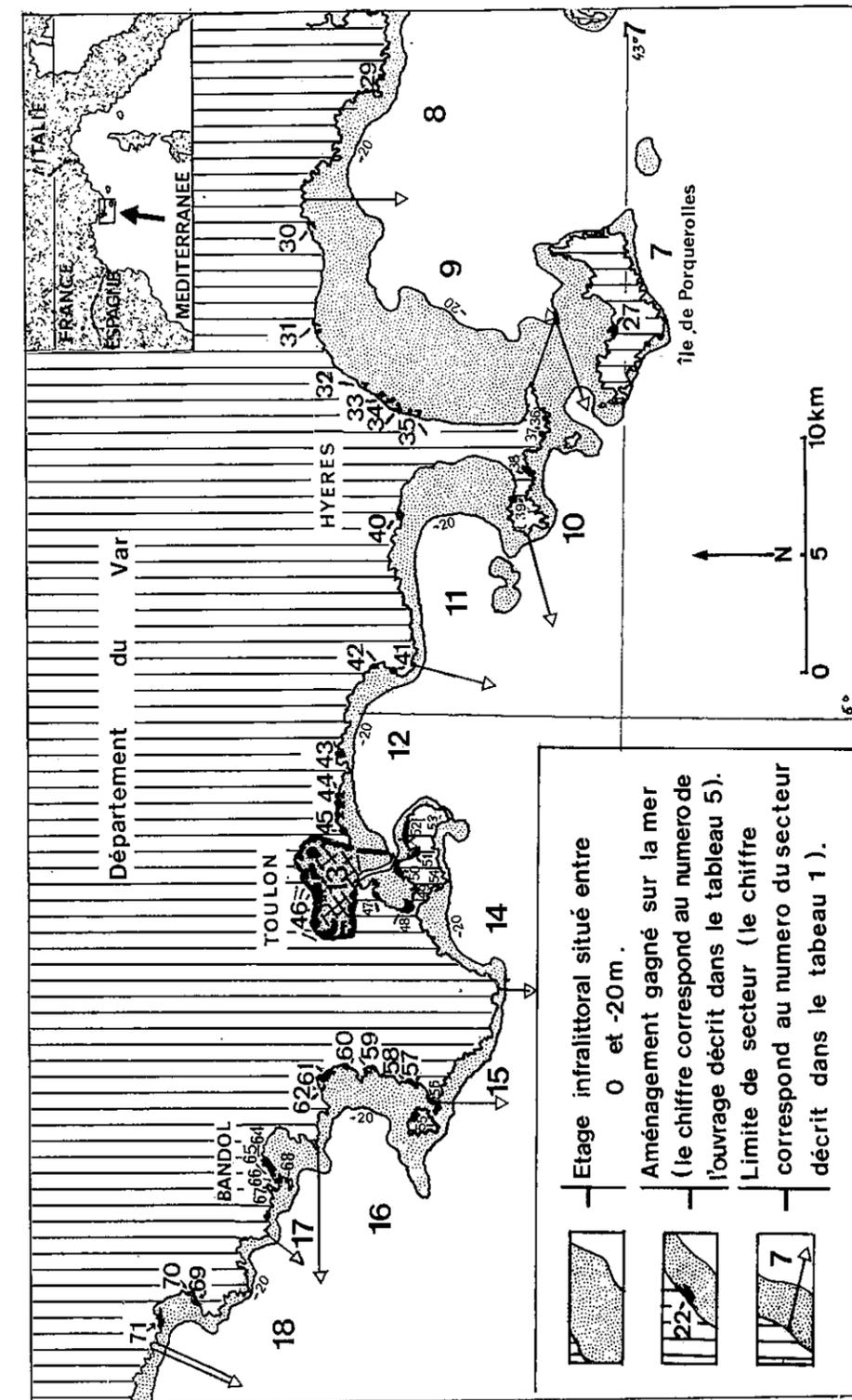


FIG. II. — Localisation des secteurs et des aménagements de l'Ouest du département du Var.

TABLEAU V. — Côtes du Var. Inventaire, surfaces et linéaires des aménagements construits sur la mer. (Les aménagements sont figurés sur les fig. 1 et 2 avec leurs numéros.)

N° du Secteur	N° de la restructuration	Dénomination et commune	Surfaces (ha)			Linéaire (km)
			Plan d'eau	Terre-Plein	Total	
1	1	Port abri de la Chapelle (Agay - St-Raphaël).	0,28	0,06	0,34	0,1
1	2	Port abri du Dramont : Le Poussai-St-Raphaël.	0,20	0,04	0,24	0,07
1	3	Port abri de l'Arène Grasse (Boulouris) - St-Raphaël.	0,25	0,11	0,36	0,04
2	4	Port de Santa Lucia - Bassin Sud-St-Raphaël.	6,11	5,97	12,08	0,75
2	5	Port de Santa Lucia - Bassin Nord-St-Raphaël.	5,86	4,13	9,99	0,5
2	6	Terre-plein route bord de mer-St-Raphaël.	0	3,91	3,91	0,5
2	7	Terre-plein du vieux port - St-Raphaël.	0	1,35	1,35	0,1
2	8	Vieux port de St-Raphaël - St-Raphaël.	2,36	2,53	4,89	0,4
2	9	Port abri de St-Aygulf - Fréjus.	0,29	0,19	0,48	0,1
2	10	Port abri de St-Ferréol-Roquebrune-s/-Argens.	0,38	0,19	0,57	0,07
2	11	Port abri privé (plaisance loisir S.A.) - Roquebrune-s/-Argens.	0,21	0,18	0,39	0,05
2	12	Port abri et terre-plein de San Peire - Roquebrune-s/-Argens.	0,20	0,35	0,55	0,1
2	13	Port et terre-plein de Ste-Maxime - Ste-Maxime.	5,66	4,30	9,96	0,54
3	14	Port abri privé Villa Mirages - Ste-Maxime.	0,12	0,05	0,17	0,10
3	15	Port abri privé Villa Pointe Alègre - Grimaud.	0,10	0,05	0,15	0,10
3	16	Port Grimaud - Grimaud.	1,42	0,73	2,15	0,16
3	17	Port Cogolin - Cogolin.	18,00	10,04	28,04	1,10
3	18	Port abri du Pilon - St-Tropez.	0,72	0,14	0,86	0,10
3	19	Terre-pleins de St-Tropez - St-Tropez.	0	8,56	8,56	0,30
3	20	Port de St-Tropez - St-Tropez.	8,72	7,17	15,89	0,70
3	21	Port abri de la Ponche - St-Tropez.	0,43	0,17	0,60	0,26
5	22	Port de Cavalaire - Cavalaire.	7,64	4,76	12,40	0,59
6	23	Port du Lavandou - Le Lavandou.	2,88	2,49	5,37	0,44
6	24	Port et terre-pleins de la Favière - Bormes les Mimosas.	10,99	8,21	19,20	0,81
7	25	Port abri de l'Aygade - Ile du Levant.	0,11	0,03	0,14	0,09
7	26	Appontements de la Baie de Port-Cros - Ile de Port-Cros.	0,68	0,03	0,71	0,16
7	27	Port de Porquerolles - Ile de Porquerolles.	11,81	5,67	17,48	1,08
8	28	Port abri du Pradet (Cap Bénat) - Le Pradet.	0,46	0,18	0,64	0,20
8	29	Port abri de la Reine Jeanne - Le Pradet.	0,29	0,11	0,40	0,12
9	30	Port abri de Miramar.	0,98	0,69	1,67	0,18
9	31	Port Porthuau - Hyères.	1,07	0,97	2,04	0,20
9	32	Port abri du Ceinturion - Hyères.	0,08	0,18	0,26	0,06
9	33	Port et terre-pleins d'Hyères - Hyères.	12,89	12,68	25,57	0,90
9	34	Plage alvéolaire Ouest Port d'Hyères - Hyères.	5,76	1,81	7,57	0,28
9	35	Port abri de la Capte - Hyères.	0,34	0,36	0,70	0,14
10	36	Port de la Tour Fondue - Giens.	1,87	0,67	2,54	0,30
10	37	Port abri Augier - La Polynésie - Giens.	0,54	0,30	0,84	0,21
10	38	Port abri du Niel - Giens.	1,30	0,33	1,63	0,36
11	39	Port abri de la Madrague - Giens.	0	0,09	0,09	0,07
11	40	Port des Salettes - Carqueiranne.	2,51	3,47	5,98	0,42
12	41	Port abri des Oursinières - Le Pradet.	0,79	0,71	1,50	0,30
12	42	Port abri du Club Nautique de la Garonne - Le Pradet.	0,09	0,03	0,12	0,05
12	43	Port abri Méjan.	0,06	0,04	0,10	0,07
12	44	Plages alvéolaires du Mourillon - Toulon.	10,66	15,87	26,53	1,30
12	45	Port St-Louis - Toulon.	1,68	0,68	2,36	0,31

TABLEAU V (suite).

N° du Secteur	N° de la restructuration	Dénomination et commune	Surfaces (ha)			Linéaire (km)	
			Plan d'eau	Terre-Plein	Total		
13	46	Complexe portuaire de Toulon-La Seyne. Terre-pleins : — Terre-pleins de la Tour Royale de l'Arse- nal du Mourillon et du Port marchand. — Terre-pleins du port de plaisance, de la D.D.E. et du port de commerce. — Terre-pleins de l'arsenal de Toulon. — Vauban - Castignean. — Milhaud - Missiessy. — Pyrotechnie. — Terre-pleins du Brégailhon. — Terre-pleins C.N.I.M. du parc à mazout et de Moussiègues. — Terre-pleins du Balaguier. Plan d'Eau : — 0 à -10 m = — -10 m à -20 m =		31,68 12,38 39,65 24,22 23,23 36,55 38,16 0,66	31,68 12,38 39,65 24,22 23,23 36,55 38,16 0,66		
13	46	Total du complexe portuaire	746,81	206,53	953,34	12,29	
13	47	Port abri et débarcadère du Manteau - Ta- maris.	0,24	0,22	0,46	0,25	
13	48	Port et terre-pleins de la baie du Lazaret.	3,45	14,57	18,02	0,87	
13	49	Port et terre-pleins du Pin Rolland - St-Man- drier.	2,69	0,73	3,42	0,35	
13	50	Port abri et terre-pleins du Parc à Mazout - appontements des Pétroliers (Pointe de la Piastré) - St-Mandrier.	0,12	6,87	6,99	1,50	
14	51	Port du Creux St-Georges - St-Mandrier.	8,50	2,11	10,61	1,10	
14	52	Port et terre-pleins de l'école de plongée, de l'école des mécaniciens et de l'héliport - St- Mandrier.	1,24	11,28	12,52	1,20	
14	53	Port abri du Cannier - St-Mandrier.	0,25	0,10	0,35	0,09	
14	54	Port abri de St-Elme - St-Mandrier.	0,42	0,42	0,84	0,17	
16	55	Port des Embiez - Six Fours.	3,83	3,64	7,47	0,90	
16	56	Terre-pleins de la lagune du Brusce.	0	1,08	1,08	0,20	
16	57	Port du Brusce - Six Fours.	6,51	1,38	7,89	1,53	
16	58	Plage alvéolaire des Charmettes (Le Brusce) - Six Fours.	0,58	0,66	1,24	0,18	
16	59	Port de la Coudourière - Six Fours.	2,40	1,55	3,95	0,27	
16	60	Port abri de la Méditerranée - Six Fours.	0,12	0,05	0,17	0,09	
16	61	Terre-pleins de Sanary - Sanary.	0	4,73	4,73	0,34	
16	62	Port de Sanary.	5,03	2,28	7,31	0,70	
17	63	Port abri de la Gorguette (l'Aricot).	0,04	0,03	0,07	0,07	
17	64	Terre-plein et plages alvéolaires Est Bandol - Bandol.	1,47	4,61	6,08	0,42	
17	65	Port de Bandol - Bandol.	15,02	5,39	20,41	0,78	
17	66	Terre-plein et plage alvéolaire Ouest Bandol - Bandol.	1,22	3,66	4,88	0,27	
17	67	Terre-plein de la plage de Roncros-Bandol.		0,62	0,62	0,27	
17	68	Port abri, terre-plein et plage alvéolaire de Bendor.	0,45	0,35	0,80	0,26	
18	69	Port et terre-plein de St-Cyr la Madrague - Les Lecques.	1,75	0,96	2,71	0,35	
18	70	Plage alvéolaire de St-Cyr la Madrague.	0,35	1,36	1,71	0,40	
18	71	Ports et terre-pleins des Lecques - Les Lec- ques.	3,98	3,56	7,54	0,50	

TOTAL : 71 restructurations, dont :

- 30 Ports-abris (surface totale du Port inférieure à 2 ha).
- 28 Ports (surface totale du port supérieure à 2 ha).
- 6 plages alvéolaires.
- 6 Terre-pleins isolés (d'autres terre-pleins sont compris avec les autres restructurations).
- 1 Complexe portuaire (Toulon - La Seyne).

TABLEAU VI. — Côtes du Var. Taux d'occupation de l'étage infralittoral (situé entre 0 et —20 m) par les aménagements construits sur la mer.

N°	Secteurs	Restructurations : taux d'occupation de l'étage infralittoral du rivage			(Linéaire)
		Surfaces			
		Entre 0 et —10 m	Entre —10 et —20 m	Total 0,20 m	
1	Esterel.	0,25 %	0 %	0,13 %	0,86 %
2	St-Raphaël - Fréjus.	5,53 %	0 %	3,27 %	11,88 %
3	Golfe de St-Tropez.	9,73 %	0 %	4,92 %	16,08 %
4	Baies de Pampelonne, de Bon-Porté et de Briande.	0 %	0 %	0 %	0 %
5	Cavalaire.	2,77 %	0 %	1,40 %	2,54 %
6	Lavandou - Bormes.	7,32 %	0 %	3,38 %	8,28 %
7	Iles d'Hyères.	2,40 %	0 %	0,93 %	1,88 %
8	Brégançon.	0,27 %	0 %	0,13 %	2,25 %
9	Rade d'Hyères.	2,52 %	0 %	0,84 %	9,68 %
10	Giens.	2,76 %	0 %	0,88 %	6,82 %
11	Golfe de Giens.	0,70 %	0 %	0,43 %	2,73 %
12	Grande Rade de Toulon.	12,50 %	0 %	5,25 %	16,66 %
13	Rade de Toulon.	78,11 %	87,78 %	81,73 %	80,81 %
14	St-Mandrier.	7,12 %	0 %	4,04 %	15,53 %
15	Sicié.	0 %	0 %	0 %	0 %
16	Embiez - Sanary.	5,92 %	0 %	3,33 %	20,58 %
17	Bandol.	11,56 %	0 %	6,98 %	18,16 %
18	Les Lecques.	6,84 %	0 %	3,51 %	10,45 %
Taux d'occupation pour les côtes du département du Var		9,92 %	3,53 %	6,47 %	11,08 %

TABLEAU VII. — Tableau comparatif entre les côtes du Var et celles des Alpes-Maritimes (Principauté de Monaco comprise).

	Var	Alpes-Maritimes (MEINESZ et LEFÈVRE, 1978)
Etage infralittoral :		
0-10 m	9 414,89 ha	3 212,32 ha
—10-20 m	11 015,72 ha	2 115,01 ha
0-20 m	20 430,61 ha	5 327,40 ha
Linéaire du rivage (cartes au 1/20 000 ^e ou au 1/25 000 ^e)	362,32 km	119,10 km
Restructurations :		
— Plans d'eau	933,26 ha	238,59 ha
— Terre-pleins	389,32 ha	455,89 ha
Total	1 322,58 ha	694,48 ha
— Linéaire occupé	40,13 km	20,59 km
— Nombre d'ouvrages	71	43
Dont :		
— Ports inférieurs à 2 ha	31 (18,46 ha)	9 (8,97 ha)
— Ports supérieurs à 2 ha	27 (282,52 ha)	22 (294,09 ha)
— Terre-pleins isolés	5 (19,17 ha)	5 (26,01 ha)
— Plages alvéolaires	7 (49,09 ha)	6 (35,41 ha)
— Grands ouvrages	1 (953,34 ha)	1 (330 ha)
	(Complexe portuaire de Toulon - La Seyne).	(Aéroport de Nice)
Taux d'occupation (surfaces) :		
Entre 0 et —10 m	9,92 %	18,80 %
Entre —10 m et —20 m	3,53 %	4,27 %
Total entre 0 et —20 m	6,47 %	13,04 %
Taux d'occupation (linéaire) :	11,08 %	17,18 %

TABLEAU IV. — Côtes du Var. Surfaces des aménagements construits sur la mer par secteur.

N° du Secteur	Secteurs	Surfaces (ha)			Linéaire (km)
		Plan d'eau	Terre-Plein	Total	
1	Esterel.	0,73	0,22	0,95	0,21
2	St-Raphaël - Fréjus.	15,41	18,80	34,21	2,57
3	Golfe de St-Tropez.	35,18	31,21	66,39	3,36
4	Baies de Pampelonne, de Bon-Porté et de Briande.	0	0	0	0
5	Cavalaire.	7,64	4,76	12,40	0,59
6	Lavandou - Bormes.	13,87	10,69	24,56	1,25
7	Iles d'Hyères.	12,59	5,73	18,32	1,33
8	Brégançon.	0,75	0,28	1,03	0,32
9	Rade d'Hyères.	21,12	16,69	37,81	1,76
10	Giens.	3,72	1,30	5,02	0,87
11	Golfe de Giens.	2,50	3,56	6,06	0,49
12	Grande Rade de Toulon.	13,28	17,33	30,61	2,03
13	Rade abri de Toulon.	753,31	228,93	982,24	15,26
14	St-Mandrier.	10,42	13,91	24,33	2,56
15	Sicié.	0	0	0	0
16	Embiez - Sanary.	18,47	15,37	33,84	4,21
17	Bandol.	18,19	14,66	32,85	2,07
18	Les Lecques.	6,08	5,88	11,96	1,25
Total département du Var (hectares).		933,26	389,32	1 322,58	40,13 km
		70,6 % (1)	29,4 %		

(1) Plan d'Eau : répartition :

17,8 % Plan d'Eau portuaire (166,36 ha).

2,2 % Plan d'Eau de plages alvéolaires (20,09 ha).

80,0 % Plan d'Eau de la rade de Toulon situé entre la grande Jetée et la Pointe Balaguier (746,81 ha).

Tableau IV : Surfaces et linéaire des aménagements.

Tableau V : Inventaire des aménagements.

Tableau VI : Taux d'occupation de l'étage infralittoral (entre 0 et —20 m) par les aménagements.

Tableau VII : Tableau comparatif des résultats globaux entre les départements du Var et des Alpes Maritimes.

Deux cartes localisent les 71 ouvrages inventoriés.

IV. ANALYSE DES RÉSULTATS

Les 71 ouvrages gagnés sur la mer ont détruit ou profondément altéré 9,92 % de l'étage infralittoral compris entre 0 et —10 m et 3,53 % de l'étage infralittoral compris entre —10 et —20 m, soit 6,47 % de la zone comprise entre 0 et —20 m.

Sur les 1 322,58 ha gagnés sur la mer, 389,32 ha représentent des surfaces occupées irréversiblement (terre-pleins ou digues des ouvrages), et 933,26 ha représentent les plans d'eau des ports (913,17 ha) ou des plages alvéolaires (20,09 ha). Dans ces plans d'eau, souvent pollués par l'activité humaine, la faune et la flore ont toujours été modifiées sensiblement

dans un sens dommageable (appauvrissement qualitatif et quantitatif).

La surface de l'étage infralittoral compris entre 0 et —20 m s'élève pour le Var à 20 430 ha (9 415 entre 0 et —10 m et 11 015 entre —10 et —20 m).

Les résultats permettent de comparer les différents secteurs entre eux et nous pouvons ainsi noter l'importance relative de l'étage infralittoral (entre 0 et —20 m) de la rade d'Hyères fermée par l'île de Porquerolles, qui représente à lui seul près du tiers de la surface totale de l'étage infralittoral (0/—20 m) du Var. Le secteur 9 (Rade d'Hyères) présente

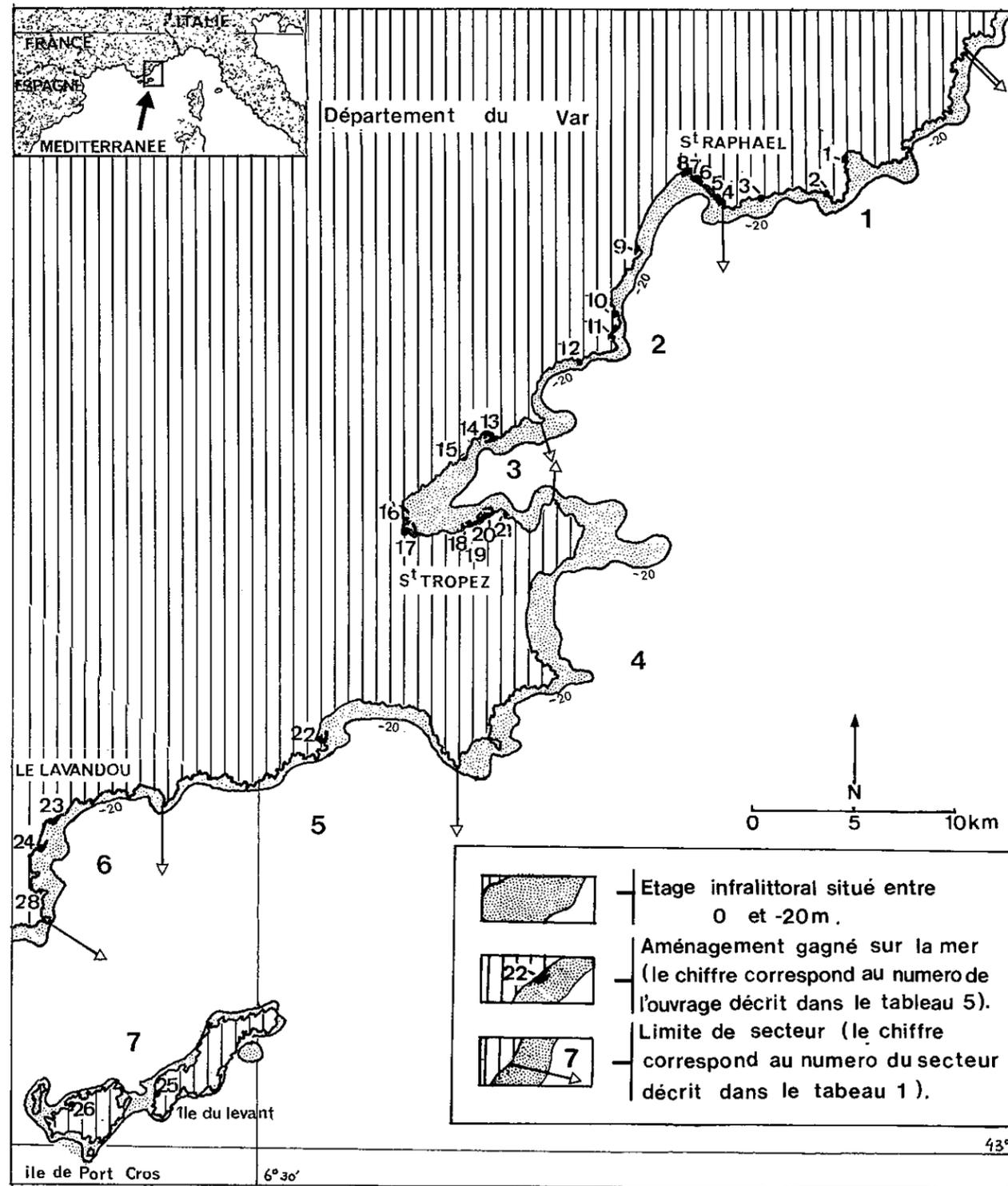


Fig. 1. — Localisation des secteurs et des aménagements de l'Est du département du Var.

littoral de la Provence. Document ronéotypé édité par les auteurs et le Centre National pour l'Exploitation des océans, 185 p.

BONNET A., 1927. — Etude préliminaire sur la topographie zoologique de la rade de Toulon. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 52 (6) : 485-496.

ECOMAIR - TOULON (Groupe), 1973. — Premier inventaire biologique et sédimentologique des fonds marins de la rade abri de Toulon. *ECOMAIR*, édit. Toulon, Fr., 2 cartes au 1/5 000^e.

LAURENT R., FERNEX F., 1977. — Contribution de la géologie sédimentaire à l'étude de la pollution du golfe de la Napoule. *Rev. Intern. Océanogr. Médic.*, 47 : 97-100.

MAGGI P., 1973. — Premières impressions sur le premier inventaire biologique des fonds marins de la rade abri de Toulon. *ECOMAIR*, édit. Toulon, Fr., 5 p.

MEINESZ A., LEFÈVRE J.-R., 1978. — Destruction de l'étage infralittoral des Alpes-Maritimes (France) et de Monaco par les restructurations du rivage. *Bull. Ecol.*, 9 (3) : 259-276.

NODOT C., ASTIER J.-M., TAILLIEZ P., TINE J., 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., BOURCIER M., 1975. — Evolution sous influences humaines des peuplements benthiques des parages de la Ciotat entre 1954 et 1972. *Téthys*, 7 (2-3) : 213-222.

(Manuscrit envoyé le 23 février 1981, accepté le 26 septembre 1981.)

CARTES UTILISÉES

Cartes du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (S.H.M. et S.H.O.M.).

N° 5140. — Golfe de Fréjus - Port de St-Raphaël - Rade d'Agay. Echelle : 1/14 400^e. Dernière correction : 1977.

N° 5255. — Golfe de St-Tropez. Echelle : 1/14 400^e. Dernière correction : 1976.

N° 5266. — Baies de Briande, de Bon-Porté et de Pampelonne. Echelle : 1/25 000^e. Dernière correction : 1977.

N° 5251. — Baie de Cavalaire. Echelle : 1/14 400^e. Dernière correction : 1957.

N° 6616. — Du Cap Benat au Cap Lardier. Echelle : 1/25 000^e. Dernière correction : 1976.

N° 5245. — Rade des Bormes. Echelle : 1/14 400^e. Edition : 1908.

N° 6615. — Iles de Port-Cros et du Levant (Iles d'Hyères). Echelle : 1/25 000^e. Dernière correction : 1977.

N° 5151. — Rade d'Hyères. Echelle : 1/25 000^e. Dernière correction : 1960.

N° 5175. — Parages de Toulon. Echelle : 1/25 000^e. Dernière correction : 1977.

N° 5093. — Rade de Toulon. Echelle : 1/10 000^e. Dernière correction : 1970.

N° 5198. — Baies de Bandol et de Sanary. Echelle : 1/14 400^e. Dernière correction 1970.

N° 6610. — De Bandol au Cap Sicié. Echelle : 1/20 000^e. Edition de 1975.

N° 6612. — De Cassis à Bandol. Echelle : 1/20 000^e. Dernière correction : 1976.

N° 5337. — Du Cap Camarat au Cap Roux. Echelle : 1/49 930^e. Edition de 1975.

N° 5325. — Du Bec-de-l'Aigle à la presqu'île de Giens. Echelle : 1/50 140^e. Dernière correction : 1977.

N° 5477. — Du Cap Sicié au Cap Benat. Echelle : 1/50 200^e. Dernière correction : 1977.

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

— Cannes n° 1-2. Echelle : 1/25 000^e. Edition 1974.

— Cannes n° 5-6. Echelle : 1/25 000^e. Edition 1974.

— Fréjus n° 7-8. Echelle : 1/25 000^e. Edition 1975.

— St-Tropez n° 3-4. Echelle : 1/25 000^e. Edition 1973.