



HAL
open science

**ÉVOLUTION, EN CINQ ANNÉES, DES HERBIERS À
POSIDONIA OCEANICA ET DU MACROBENTHOS
CIRCALITTORAL ACTION CONJUGUÉE DES
ACTIVITÉS HUMAINES ET DES MODIFICATIONS
CLIMATIQUES** Change, over five years, of a Posidonia
oceanica bed and circalittoral macrobenthos The
combined effect of human activity and climatic
conditions

Michel Bourcier

► **To cite this version:**

Michel Bourcier. ÉVOLUTION, EN CINQ ANNÉES, DES HERBIERS À POSIDONIA OCEANICA ET DU MACROBENTHOS CIRCALITTORAL ACTION CONJUGUÉE DES ACTIVITÉS HUMAINES ET DES MODIFICATIONS CLIMATIQUES Change, over five years, of a Posidonia oceanica bed and circalittoral macrobenthos The combined effect of human activity and climatic conditions. Vie et Milieu / Life & Environment, 1986, pp.1-8. hal-03023741

HAL Id: hal-03023741

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03023741v1>

Submitted on 25 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉVOLUTION, EN CINQ ANNÉES, DES HERBIERS À *POSIDONIA OCEANICA* ET DU MACROBENTHOS CIRCALITTORAL ACTION CONJUGUÉE DES ACTIVITÉS HUMAINES ET DES MODIFICATIONS CLIMATIQUES

*Change, over five years,
of a Posidonia oceanica bed and circalittoral macrobenthos
The combined effect of human activity and climatic conditions*

Michel BOURCIER

Station Marine d'Endoume (CNRS/UA 41),
F 13007 Marseille

EVOLUTION A LONG TERME
HERBIER À *POSIDONIA OCEANICA*
MACROBENTHOS
CIRCALITTORAL
MÉDITERRANÉE

RÉSUMÉ. — Dans cette région est étudiée l'évolution des fonds entre 1977-78 d'une part et 1982-83 d'autre part. Cette zone a subi les effets de diverses activités humaines : émissaires non traités, aménagements portuaires, détournement d'une rivière côtière, érosion des sols, et d'un changement climatique : période déficitaire en vent de NW suivie d'une reprise de ce même vent, habituellement dominant. Le résultat a été une plus grande turbidité des eaux et un engorgement croissant des fonds à tous niveaux infra et circalittoraux (en moyenne plus de 1 % par an) ainsi que des dépôts locaux de matière organique. Ceci a entraîné une forte régression de l'herbier à *Posidonia oceanica* et une évolution de macrobenthos vers la biocénose des Vases terrigènes côtières avec les « bioindicateurs » de ces perturbations : de dégradation, d'instabilité, de matière organique et même de pollution, cette dernière restant cependant faible.

LONG TERM CHANGE
POSIDONIA OCEANICA MEADOW
MACROBENTHOS
CIRCALITTORAL
MEDITERRANEAN SEA

ABSTRACT. — In this area, the change of the benthic assemblage between 1977-78 and 1982-83 was studied. This zone has been subjected to several types of human activity, such as untreated emissaries, harbour development, diversion of a coastal river, soil erosion, and to climatic conditions, mainly a North-Western wind-deficient period followed by one during which this usually predominant wind intensified. This resulted in greater water turbidity and an increased silt deposit on both infralittoral and circalittoral bottoms (with a yearly average of more than 1 %) accompanied by local accumulations of organic matter. Consequently, this has produced a decline in the extension of the seagrass beds and an evolution of the macrobenthic assemblages towards the terrigenous coastal mud biocoenosis, with the presence of "bioindicators" of : degradation, instability, organic matter and even of pollution, but to a lesser extent.

Le macrobenthos de substrat meuble de la région allant du Bec de l'Aigle (près de La Ciotat) à l'archipel des Embiez a été étudié en 1959 (Picard, 1961) puis en 1976-1978 (Bourcier, 1980). Entre-temps, la baie de La Ciotat — Les Lecques elle-même a fait l'objet de recherches en 1962 et 1972 (Picard et Bourcier, 1976, Bourcier, 1976).

En ce qui concerne les différentes nuisances, les activités humaines sont multiples : aménagements portuaires à La Ciotat (port principal avec la construction du nouveau môle et port de plaisance); aux Lecques port de plaisance; même chose à Bandol, Sanary, le Brusuc. Il faut remarquer que lors de la construction d'une digue ou d'un môle, les

quantités de matières fines partant dans la mer sont considérables, sauf précautions particulières. Cette région subit aussi le déversement, sans traitement préalable, des égouts urbains de S^t Cyr — Les Lecques — La Madrague à 46 m de profondeur au S.-W. de la Pointe Grenier. La population normale de ce secteur qui est de 5 700 habitants passe à 27 000 en période estivale (Cornand, 1984). L'émissaire de Bandol débouche à 20 m de profondeur au milieu de la baie, celui de Sanary à — 22 m au sud du port et ces deux agglomérations ont des fluctuations estivales de leur population du même ordre que les précédentes. Dans cette région, on note aussi la présence de ruisseaux côtiers intermittents, mais à crues violentes au printemps, et surtout en automne, avec des eaux très chargées en terres arrachées aux sols ayant perdu leur couverture végétale après les incendies violents en été. Ce sont La Reppe dans la baie de Sanary, le ruisseau du Grand Vallat à Bandol, Le Dégoûtant et le Torrent de Ceyreste dans la baie de La Ciotat — Les Lecques. Cependant, dans la partie ouest de la zone étudiée, c'est l'égout de La Ciotat (31 727 habitants doublant ou triplant l'été) dont l'émissaire est au N.-O. du Bec de l'Aigle, qui constitue la nuisance la plus importante par sa proximité. Cependant, pour l'ensemble de la zone du large, allant peut-être jusqu'aux Embiez, la nuisance majeure, en particulier l'accroissement de la turbidité des eaux et de l'envasement, est apportée par le détournement quasi permanent (depuis janvier 1980), dans le deuxième collecteur de Marseille-Cortiou, de la rivière Huveaune (Picard, 1976); celle-ci draine les eaux usées des usines situées entre Marseille et Aubagne, soit au total, avec les rejets du premier collecteur, les eaux usées de 1 500 000 équivalents-habitants, ou encore 561 600 m³/jour, ou encore 46 tonnes/jour de matière sèche (Ville de Marseille, 1979). Bien que l'émissaire de Marseille-Cortiou débouche à 10 milles à l'Ouest de la zone étudiée ici, son influence par mistral peut se faire sentir jusqu'au cap d'Alon et même au-delà jusqu'aux Embiez (Picard, comm. verbale).

Au point de vue climatique, l'étude réalisée de 1976 à 1978 (Bourcier, 1980) avait été effectuée après une période prolongée de déficience du vent de N.-O. (mistral) qui avait duré de 1969 à février 1977, à tel point que le vent d'E.-SE. était devenu temporairement quasiment dominant. Depuis cette époque, et au moins jusqu'à fin 1983, le mistral est redevenu dominant, ce qui est normal pour la région étudiée (relevés météorologiques, station de Pomègues).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour l'étude présente, les prélèvements ont été effectués entre mai 1982 et novembre 1983, soit à la

benne « orange peel » modifiée (Briba et Reys, 1966) dite Benne d'Endoume (empreinte de 1/12 de m², 12 cm de profondeur maximale de pénétration, 5 dm³ de sédiment prélevés, un prélèvement par station), soit à la drague Charcot-Picard, chaque fois qu'il a été nécessaire de recueillir le « volume minimum » (Picard, 1965). De plus, les sédiments meubles de cette baie ont fait l'objet d'une analyse physico-chimique (texture, carbone organique, polluants) dont les résultats ont été exposés récemment (Cornand, 1984); cet auteur avait analysé le carbone organique (en séparant les 2 fractions, supérieure et inférieure à 0,063 mm) par oxydation chromique par voie humide suivant l'adaptation de la méthode de Anne aux sédiments marins proposé par Aillaud (1976), cet auteur avait effectué les prélèvements à la benne « orange peel » simplement allourdie, en février 1982. Les profondeurs ont été mesurées à l'échosondeur, soit Atlas 240 (échelle 0-60 m) à bord du chalutier océanographique Antedon, soit Ferrograph G 500 MKC (échelle 0-150 m) à bord du N/O Catherine Laurence. Les points ont été effectués par alignement ou au radar. Pour la terminologie et définition des communautés benthiques, ainsi que pour les stations de transition (degré d'affinité portant sur les espèces caractéristiques), la méthode utilisée est celle de Picard (1965). Une matre morte d'herbier (à *Posidonia oceanica*) est constituée par le lacis de racines et rhizomes morts de ce Phanérogame piègeant des sédiments souvent très vaseux.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. Problèmes de l'envasement

(particules inférieures à 0,063 mm)

Dans la baie de La Ciotat-Les Lecques, l'étude comparée des taux d'envasement en 1972 (Bourcier, 1979) avec ceux de 1982 (Cornand, 1984), offre le plus grand intérêt. Durant ces dix années, il s'est produit dans la baie de La Ciotat le même phénomène que celui suivi dans la baie de Cassis de 1966 à 1979 (Bourcier, 1968, 1979, 1982), à savoir une augmentation du taux d'envasement de l'ensemble du plateau continental. A Cassis, cette augmentation a été évaluée à 1 % par an en moyenne. Au milieu de la baie de La Ciotat — Les Lecques, dans une zone correspondant aux courants de décharge par vent de SE ou NO, la fraction fine est la moins abondante. En 1972, elle était en moyenne de 4 %, en 1982, elle est en moyenne de 6,5 %.

De part et d'autre de cette zone, dans les fonds détritiques côtiers situés entre 30 et 50 m de profondeur, l'envasement moyen était de 14 % en 1972; il est maintenant de 25 %, soit une augmentation moyenne de 1 % par an.

Plus au large, à 65-67 m, l'envasement est plus important. Il était de 22 % en 1972 en moyenne; 10 ans après il est de 35 %, soit une augmentation moyenne de 1,3 % par an. Dans l'herbier à *P. oceanica* lui-même, pour lequel je n'avais pas fait de mesures en 1972, Cornand trouve un envasement de 25 % en moyenne, avec un maximum à 29 %, ce qui est très élevé pour ce biotope.

B. Commentaires sur la carte bionomique (Fig. 1)

Les principaux résultats de cette étude seront exposés sous forme de commentaires de la carte bionomique (prélèvements effectués entre mai 1982 pour La Ciotat — Les Lecques et Novembre 1983 pour le reste de la zone). L'accent sera mis principalement sur l'évolution des fonds depuis les derniers prélèvements de 1976-1977 (baie de La Ciotat — Les Lecques) et 1978 pour le reste de la zone (Bourcier, 1980).

1. Etage infralittoral

En raison des moyens d'investigation (benne, drague), je me suis limité à la partie inférieure de cet étage, c'est-à-dire le plus souvent à la limite inférieure de l'herbier à *P. oceanica*.

Baie de La Ciotat — Les Lecques : dans l'ensemble de la baie, l'herbier à *P. oceanica* est généralement en vitalité réduite et envasé, en particulier devant la Ciotat où il n'atteint plus que 27 m de profondeur, alors qu'il atteignait 31 m six ans auparavant. Devant Les Lecques, il atteint encore 30 m (il atteignait 32 m en 1977). Au Sud-Est de la baie, devant la Pointe Fauconnière, il atteignait encore 35 m en 1977, il n'atteint plus que 30 m en 1982.

Entre les limites actuelles et celles de 1977, les prélèvements effectués à la benne correspondent à des blocs de matte morte avec sédiment le plus souvent très envasé et toujours chargé de matière organique. Entre le Cap d'Alon et l'Ouest de l'île de Bendor, l'herbier à *P. oceanica* n'a pas régressé notablement depuis 1978 (28 m en moyenne, et même 31-32 m au Sud de l'île Rousse). Au S.E. et E. de Bendor, l'herbier à *P. oceanica*, encore prospère en 1978, commence à être dégradé, car la vaste zone située au centre de la baie (formée exclusivement de matte morte, conséquence des rejets de l'émissaire de Bandol) a tendance à s'étendre. Devant la Pointe de la Cride également, l'herbier à *P. oceanica*, très prospère il y a 5 ans, est maintenant en vitalité réduite (HP <).

Nous arrivons maintenant dans une zone où l'herbier à *P. oceanica* a subi ces dernières années les effets catastrophiques dus à un ensemble de facteurs dont les 2 principaux sont les rejets de l'émissaire de Sanary suivis de la reprise du mistral qui a rabattu ces rejets sur l'herbier à *P. oceanica* situé

entre cet émissaire et la Pointe de la Cride. Ceci est d'ailleurs conforme au schéma de la courantologie de la baie, au niveau du fond, par mistral (Bourcier, 1980, Fig. 2). Là, l'herbier à *P. oceanica*, déjà très dégradé en 1978, est actuellement totalement détruit. On ne récolte que de la matte morte aussi bien à la benne qu'à la drague. Cette zone est vaste, elle forme une bande de 3 km de long sur 800 m de large.

Dans la baie de Sanary et du Brusc, comme il y a 5 ans, l'herbier à *P. oceanica* est très dégradé; cependant, devant l'émissaire de Sanary, le sédiment surmontant la matte morte est beaucoup moins putride qu'en 1978. C'est bien la reprise du mistral qui a entraîné des courants de décharge balayant ces dépôts putrides vers le N.O. (et détruisant ainsi l'herbier à *P. oceanica* comme nous venons de le voir). Près de l'émissaire, la faune a encore une affinité de 42 % pour la biocénose de l'herbier à *P. oceanica*, le reste se partageant entre DC, DE et VTC, avec instabilité et quelques indicatrices de pollution (Pour la signification des abréviations et des lettres, voir la légende de la carte, Fig. 1).

Au N.O. du Brusc, l'herbier à *P. oceanica* est toujours très dégradé avec une faune à prédominance largement circalittorale et une affinité de 92 % pour la biocénose DC, le reste se partageant entre VTC, Sables Fins Bien Calibrés et herbier à *P. oceanica*, plus indicatrices de matière organique et d'Instabilité.

2. Etage circalittoral

On se limitera à la zone comprise entre le bas de l'herbier à *P. oceanica* et la limite entre les biocénoses des fonds détritiques côtiers et du large (DC/DL). Cette limite, non cartographiée ici pour des raisons pratiques, correspondant à une affinité de 50 % pour les deux biocénoses, a elle-même varié depuis 5 ans. Devant La Ciotat, elle est passée de — 95 m à — 88 m.

Au sud des Embiez, la remontée n'a eu lieu que jusqu'à — 91 m. Comme pour Cassis (Bourcier, 1982), cette remontée peut être attribuée aux 2 causes, liées et concomitantes, qui sont la plus grande turbidité des eaux et l'envasement des sédiments qui en est la conséquence (cf. *supra*).

Dans la baie de La Ciotat, la construction du nouveau môle (1977) a dû entraîner à nouveau des bouleversements importants dans la macrofaune benthique de la baie (comme après l'agrandissement du port en 1962, Picard et Bourcier, 1976). L'analyse des peuplements montre qu'en 1982 un nouvel équilibre est en train de se réaliser; mais, en même temps, se poursuit une modification beaucoup plus profonde des peuplements benthiques, en rapport avec l'envasement progressif et la plus grande turbidité des eaux. Comme prévu (Bourcier, 1980), cette turbidité a modifié les fonds Détritiques Côtiers (DC) selon un processus bien défini, qui commence

par une dégradation des différents faciès de cette biocénose.

a) *Faciès DC à Peyssonneliacées calcifiées libres (DC/p)*

Ces peuplements à dominance quasi absolue de la Rhodophycée calcifiée *Peyssonnelia rosa-marina* Boudouresque et Denizot correspondent chacun à « l'œil » de courants tourbillonnaires intermittents propres au fonds de baie (Picard, 1965) et aux « anses » sous-marines (Bourcier, 1980). En 1976, dans la baie de La Ciotat-Les Lecques, ce faciès occupait 3 zones : la plus vaste se situait à l'Ouest de la baie (2/3 de mille d'Est en Ouest), la seconde par la superficie était au centre de la baie (descendant à 49 m de profondeur), et enfin la plus petite devant la Pointe Fauconnière. Actuellement, il n'y a plus que 2 zones de ce faciès, toutes 2 considérablement réduites en surface et en vitalité (très petits thalles) : l'une est à l'Ouest de la baie devant le port de La Ciotat (moins de 1/3 de mille dans son plus grand axe, ce qui divise sa surface par 4 par rapport à 1976), l'autre, centrale, étant actuellement plus à l'Est qu'en 1976 et ne descendant plus qu'à 44 m de profondeur; devant la Pointe Fauconnière, le faciès a disparu. Au Sud de l'île Rousse, ce faciès a diminué de surface, surtout latéralement car, en profondeur, on trouve encore quelques thalles à — 57 m comme en 1978.

Près de la Pointe de la Cride, on trouvait, en 1978, un vaste faciès dans une « anse » sous-marine, mesurant 1/3 de mille dans son plus grand axe et descendant à — 56 m : actuellement, cette zone a un

diamètre 3 fois moindre et est limitée à 46 m de profondeur (soit une perte de 10 m de profondeur).

b) *Faciès DC à Corallinaceae branchues ou faciès de Maërl (DC/M)*

Ce faciès est constitué par 3 espèces de Rhodophycées calcaires à thalles branchus, *Phymatolithon calcareum*, *Lithothamnion coralloides* et *Lithothamnion fruticulosum*. Ce faciès, qui demande des courants linéaires, se trouve généralement devant des pointes et des caps. Devant le Cap d'Alon, un tel faciès atteignait en 1977 62 m de profondeur; actuellement, la limite inférieure est remontée à 52 m, ce qui entraîne une diminution des 2/3 de sa surface. Au S.O de la Pointe de la Cride, le faciès DC/Maërl existait en 1978 sous la forme d'un vaste croissant; en 1983, ce faciès a pratiquement disparu et on ne récolte que quelques thalles vivant sur un sédiment exclusivement formé de thalles morts. Les faciès DC/M entourant le Grand Rouveau (Embiez) ont peu varié.

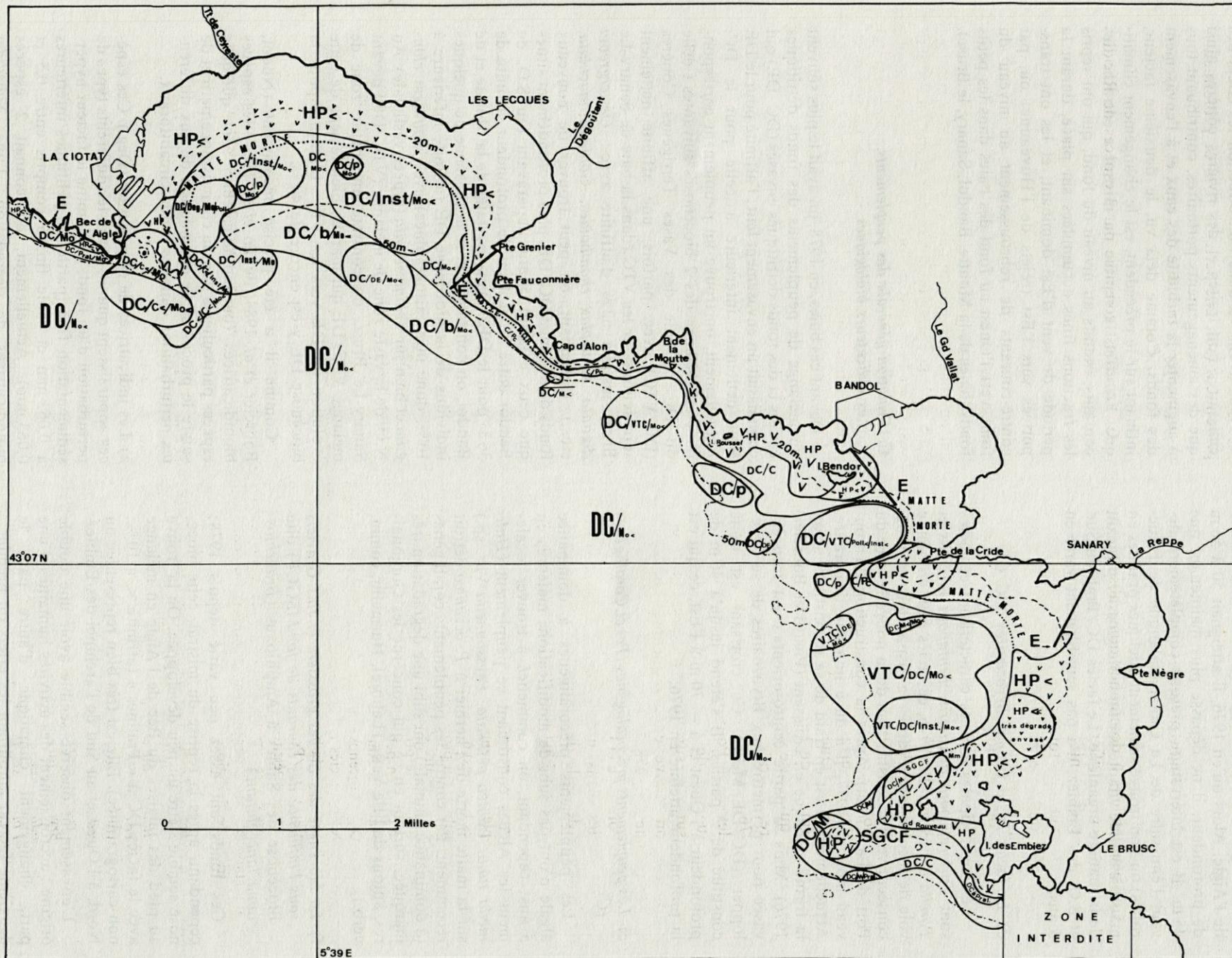
c) *Faciès DC à « Pralines » (DC/Pral)*

Ces « pralines » sont constituées par des Algues Calcaires *Corallinaceae* encroûtant de petits galets arrondis.

Ce faciès demande des courants linéaires assez violents; cependant, le peuplement est celui du Détritique Côtier avec souvent une certaine affinité pour les sables à *Amphioxus* (Céphalocordé *Branchiostoma lanceolatum*). Près de La Ciotat, ce faciès se trouve sous forme d'une bande étroite au-dessous

Fig. 1. — Peuplements benthiques circalittoraux du Bec de l'Aigle à l'île des Embiez : carte levée de Mai 1982 (baie de La Ciotat — Les Lecques) à Novembre 1983). Fond de carte : cartes numéros 6612 et 6610 du S.H.O.M. La taille des lettres utilisées est sensiblement proportionnelle au degré d'affinité pour les différentes biocénoses ou peuplements bioindicateurs. Abréviations. E : émissaire d'eaux usées urbaines; HP : biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica* (V); HP < : *idem* en vitalité réduite; ... limite profonde de la matte d'herbier nouvellement mort (Mm); < : signe indiquant la vitalité réduite d'une biocénose ou d'un peuplement; SGCF : biocénose des Sables Grossiers et fins graviers sous influence des Courants de Fond dit « sables à Amphioxus »; C/Pc : aspect « précoralligène » à dominance algale de la biocénose des fonds Coralligènes; DC : biocénose des fonds Détritiques Côtiers; DC/C : *idem* avec blocs et agrégats portant une biocénose Coralligène; DC/p : faciès à Peyssonneliacées de la biocénose des fonds Détritiques Côtiers; DC/b : faciès des grands Bryozoaires branchus de la biocénose des fonds Détritiques Côtiers; DC/M : faciès de « Maërl » de la biocénose des fonds Détritiques Côtiers; DC/Pral. : faciès à « Pralines » (Rhodophycées calcaires en boule ou recouvrant des galets) de la biocénose des fonds Détritiques Côtiers; DE : biocénose des fonds Détritiques Envasés; VTC : biocénose des Vases Terrigènes Côtiers; Deg. : peuplement à espèces bioindicatrices de Dégradation; Inst. : peuplement à espèces bioindicatrices d'instabilité; Mo : peuplement à espèces bioindicatrices de Matière Organique; Poll. : peuplement à espèces bioindicatrices de Pollution.

Map. — Circalittoral benthic communities from « Bec de l'Aigle » to Embiez island : map plotted from May 1982 (La Ciotat — Les Lecques Bay) to November 1983, based on the S.H.O.M. maps number 6612 and 6610. The dimension of the letters used are proportional to the degree of affinity for the different biocenoses or the bioindicator species group. Abbreviations : E : urban used water outlet; H.P. : *Posidonia oceanica* seagrass biocenosis (V); H.P. < : *id.*, but with reduced vitality; : lower limit of the newly dead seagrass (Mm); < : indicates reduced vitality of a given biocenosis or assemblage; SGCF : Bottom current influenced coarse sandy biocenosis; C/Pc : «pre-coralligène» aspect, with an algal dominance of the «coralligène» biocenosis; DC : coastal detritic biocenosis; DC/C : *id.*, with block and aggregates covered by the coralligène biocenosis; DC/b : tall, branched Bryozoan facies of the DC biocenosis; MC/M : «Maërl» facies of the DC biocenosis; DC/Pral. : «Pralines» (calcareous Rhodophyceae covering pebbles) facies of the DC biocenosis; DE : muddy detritic biocenosis; VTC : coastal terrigenous mud biocenosis. Deg. : population of bioindicator species showing degradation; Inst. : bioindicator species showing instability; Mo : bioindicator species showing organic matter; Poll. : bioindicator species showing pollution.



des herbiers à *P. oceanica* le long des falaises du Bec de l'Aigle. Alors qu'en 1976, il atteignait 50 à 56 m de profondeur, il ne dépasse plus maintenant que 45 m. Il est interrompu presque complètement devant l'émissaire de La Ciotat (calanque de Figuerolles) où l'on trouve seulement quelques pralines en mauvais état de vitalité sur un sable grossier piégeant de la matière organique. Le faciès DC/Pral, du Sud et S.O. des Embiez, n'a pas sensiblement varié en 5 ans.

d) *Le faciès DC à Grands Bryozoaires (DC/Gb)*

Les 3 principales espèces caractérisant ce faciès sont *Turbicellepora avicularis*, *Pentapora fascialis* et *Porella cervicornis*. En 1976, ce faciès était en bonne voie de reconstitution (après la disparition, en 1962, consécutive à la construction de la nouvelle jetée du Port de La Ciotat). Après la construction du nouveau môle en 1977, il a dû à nouveau disparaître. Actuellement, il est en train de se reconstituer selon la forme classique en croissant (Picard et Bourcier, 1976). Mais sa partie centro-orientale est trop envasée pour permettre aux Bryozoaires de se développer (DC/DE/Mo<). Ce croissant est donc constitué de 2 parties. Il s'étend jusqu'à 46 m de profondeur à l'Ouest et à - 70 m à l'Est, ce qui est la profondeur atteinte en 1976.

e) *Les peuplements précoraligènes (Pc) et Coralligènes (C)*

Les peuplements précoraligènes à dominance algale n'ont pas subi de modifications majeures en 5 ans; cependant, on commence à trouver localement les Algues constituant ce peuplement (*Halimeda tuna*, *Udotea petiolata*, *Peyssonnelia* Var. sp.) sur la matre morte de l'herbier à *P. oceanica* détruit récemment. Par contre, les peuplements coralligènes (à dominance animale) ont subi une dégradation très marquée, surtout en ce qui concerne les Gorgonaires, autour de l'Île Verte (Laborel, Harmelin, comm. verb.).

f) *La biocénose des Sables grossiers et fins Gravieres sous l'influence des courants de fond (SGCF) dite Biocénose des Sables à Amphioxus (Branchiostoma lanceolatum)*

Ces fonds ont assez peu varié depuis 1978; cependant, après la reprise du mistral, cette biocénose semble s'être un peu développée. On la trouve au pied des falaises du Bec de l'Aigle en mélange avec le faciès DC à « Pralines » (affinité < à 10%; non cartographiée). Elle est très bien représentée au Nord, à l'Ouest et au Sud de l'archipel des Embiez.

L'envasement observé semble avoir une double origine : accroissement des activités humaines d'une part, changement climatique d'autre part, le deuxième facteur amplifiant les effets du premier.

Nous avons vu dans l'introduction les effets des émissaires non traités et des rivières côtières ainsi que des aménagements portuaires, contribuant tous à augmenter la turbidité des eaux et à l'envasement des fonds. Comme déjà vu, le deuxième facteur, influant sur le précédent, est le changement climatique. En effet, la reprise du mistral a entraîné des courants, induits au niveau du fond, qui ont repris les fractions fines accumulées sur place, durant la période de vent d'Est dominant, et les ont transportées vers l'Est (rejets de l'Huveaune) ou, par contre-courants de rebroussement au niveau du fond, vers l'Ouest au fond des baies dans les petits fonds (baies de la Moutte, Bandol, Sanary, le Brusç).

C. *Evolution générale des peuplements. Les indicateurs biologiques*

Devant ces baies, en 1978, on avait le plus souvent un mélange de peuplements des fonds détritiques côtiers et des fonds détritiques envasés (DC/DE) qui connaissait un envasement lent; l'affinité pour le DE était nettement inférieure à celle pour le DC. Actuellement, on trouve un peuplement correspondant au mélange des 2 biocénoses suivantes : celle du DC et celle des Vases Terrigènes Côtières (DC/VTC) avec, parfois, une affinité nettement supérieure pour les VTC (dans la baie de Sanary-Le Brusç jusqu'à 62% d'affinité avec : *Oestergrenia digitata*, *Goneplax rhomboides*, *Goniada maculata*, etc...). Cependant, on peut trouver de nouveaux fonds de mélange DC/DE, plus profondément situés que ceux existant 5 ans auparavant (au S.O. de Bendor entre 52 et 48 m de profondeur, affinité de 36% pour le DE). Dans les baies de la Moutte et de Bandol, on constate encore la présence de quelques individus de la biocénose DE (affinité inférieure à 10%, donc non cartographiée) avec *Golfingia elongata* et bien sûr *Tellina serrata* (espèce vestigiale). Au N.O. de la vaste zone de mélange (VTC/DC) devant Sanary-Le Brusç, on constate une petite zone de mélange VTC/DE qui marque bien le sens de cette évolution du DE vers les VTC. L'affinité pour la biocénose DE y est encore de 40%.

Comme il a été précisé récemment (Nodot, Bourcier *et al.* 1984, Bellan *et al.* 1984), les espèces bioindicatrices (ou bioindicateurs) sont quelques espèces particulières dont la connaissance permet de suivre le processus de dégradation dû aux différentes perturbations dans les fonds circalittoraux.

a) *Les indicatrices de dégradation (Deg.)*. Ces espèces apparaissent quand, parmi les différents types de perturbation d'un fond, prédomine le facteur hyper-sédimentation fine (particules pélitiques inférieures à 0,063 mm et sable fin, ϕ compris entre 0,5 et 0,063 mm). Actuellement, on connaît 2 espèces bioindicatrices de dégradation : l'une, *Sabellides*

octocirrata, est liée à une hypersédimentation pélagique; l'autre, *Chone filicaudata*, est liée à une hypersédimentation où le sable fin domine.

Je ne cite ici que les zones les plus importantes où l'on trouve ces espèces en plus grand nombre. En 1982, on trouvait de tels fonds devant La Ciotat entre 27 et 49 m de profondeur, cette zone correspondant à un lieu de décantation privilégiée dans une zone abritée du mistral.

La deuxième zone où abondent ces espèces se trouve au Sud de l'Archipel des Embiez, dans la biocénose des fonds détritiques côtiers. Il faut signaler qu'en 1978 ces fonds n'étaient pas dégradés, cet accroissement récent de la sédimentation fine étant à mettre en parallèle avec la remontée de la biocénose du Détritique du Large de 95 à 91 m de profondeur.

b) Les indicatrices d'instabilité (Inst.). Ces espèces apparaissent lorsque les nuisances fluctuent dans le temps (alternance de périodes d'instabilité prononcée et de périodes plus stables, hypersédimentation suivie d'arrêt puis « lavage de sédiment »). Parmi ces espèces, j'ai relevé dans la zone étudiée : *Polinices guillemini*, *Dentalium rubescens*, *Nuculana pella*, *Tellina distorta* et *Anapagurus petiti*. Dans la baie de La Ciotat-Les Lecques, on trouve ces fonds instables autour des fonds DC dégradés de la zone subcirculaire de faciès DC à *Peyssonnelia* (DC/p) entre 27 et 65 m de profondeur. A l'Est de cette même baie, ces fonds instables entourent aussi l'autre petite zone subcirculaire de DC/p entre 30 et 52 m de profondeur. Il faut remarquer que cette disposition est sensiblement analogue à celle considérée comme position de base ou d'équilibre des fonds en 1959 dans la baie (Picard et Bourcier, 1976). On trouve aussi des fonds faiblement instables devant la baie de Bandol, près de l'émissaire de Sanary (non cartographiés), dans la zone d'herbier à *P. oceanica* très dégradé devant la lagune du Brusuc. Enfin, on trouve une instabilité nettement plus accusée qu'en 1978 au S.O. de la Grande Rade de Sanary-Le Brusuc dans une zone très sensible qui a une forte tendance soit à l'envasement lent (ancienne zone DC/DE en 1978), soit au dévasement puis envasement rapide par mistral (actuellement mélange VTC/DC comme dans le reste de la rade, mais ici les deux affinités sont égales).

c) Les indicatrices de matière organique (Mo). La carte des teneurs en matières calcinables et surtout celle des teneurs en carbone organique de la fraction inférieure à 0,063 mm donnée par Cornand (1984) confirment bien ce que l'on constate faunistiquement dans la baie de La Ciotat. On reconnaît dans la baie la présence de 2 sources locales d'apports organiques : le port de La Ciotat avec 2,08 % de carbone organique à 32 m et l'émissaire de la Pointe Grenier 2,56 % au N.O. du débouché de celui-ci. Au milieu de la baie, on constate la présence d'un

minimum de 0,69 % correspondant d'ailleurs au faciès DC à *Peyssonneliacées*, situé à l'ouest de la baie (à — 43 m). Malheureusement, il n'y a pas eu de prise de sédiment et d'analyse sur la deuxième zone DC/p (tous les chiffres donnés correspondant au carbone organique de la fraction inférieure à 0,063 mm, les fibres de *Posidonies* en sont exclues).

Enfin, on constate aussi un apport de matière organique pouvant provenir du large : soit de l'émissaire de La Ciotat (calanque de Figuerolles), soit même de l'émissaire Marseille-Cortiou puisqu'on a 1,05 % de carbone organique au sud de la baie à 67 m de profondeur. C'est bien dans les zones à maxima de teneurs en carbone organique que l'on a le plus grand nombre d'individus d'espèces indicatrices de matière organique (20 à 50 ind./50 dm³) (*Thyasira flexuosa*, *Corbula (Aloidis) gibba*, *Myrtea spinifera* et la Polychète *Chaetozone setosa*). Entre le Cap d'Alon et les Embiez, on trouve partout ces bioindicateurs mais jamais en très grande quantité (en moyenne de 5 à 15 individus pour 50 dm³ de sédiment).

d) Les indicatrices de fonds pollués (Poll.). Dans la région étudiée, j'ai trouvé seulement *Dorvillea rudolphii*, *Scolecopsis fuliginosa*, *Nereis caudata* et *Parvicardium exiguum*. Ces espèces n'étaient jamais très abondantes; quelques individus ont été récoltés au N.E. de l'île Verte (dans la zone DC/dégradée), ainsi qu'au large de la baie de Bandol à 1 km de l'émissaire sur un fond de 40 m (plus de 42 individus pour 50 dm³ de sédiment).

CONCLUSIONS

En 1980, dans une approche prévisionnelle de l'évolution des fonds de la région étudiée, nous avons imaginé le cas le plus défavorable c'est-à-dire la reprise d'une déficience du mistral avec dépôt de matériel fin et évolution lente vers une biocénose DE remplaçant la biocénose DC avec disparition des faciès de cette dernière, puis dépôts putrides de matière organique et fonds pollués, ensuite nous avons conclu de façon optimiste en soulignant la reprise effective du mistral. 5 ans après, nous constatons, malgré la reprise du mistral, qu'une partie de ces prévisions pessimistes s'était malheureusement réalisée quand même. En particulier est intervenue une régression très importante des herbiers à *P. oceanica*. Nous constatons ainsi que l'action de la turbidité des eaux et son corollaire, l'envasement, avaient été sous-évalués. En effet, cette nouvelle régression de l'herbier est particulièrement dommageable, car on sait que la repousse horizontale de l'herbier vivant sera lente lorsqu'interviendra une amélioration de l'environnement (stations d'épuration partout en fonctionnement). L'augmentation de

la turbidité des eaux a eu aussi l'action négative prévue sur les faciès DC à Rhodophycées calcaires (*Peyssonnelia*, Maërl, etc.) en nette régression depuis 5 ans. L'apport de matériel fin gêne aussi la reconstitution du faciès DC à grands Bryozoaires dans la baie de La Ciotat. De plus, l'apport de matériel fin (pélites, sables fins) à dépôts relativement rapide et d'origine tellurique a modifié le schéma prévu qui était une évolution des fonds DC vers le DE car cette évolution s'est faite plutôt directement vers les VTC. La remontée du DL au détriment du DC a eu lieu effectivement.

Cependant, la reprise de la fréquence normale du mistral a eu, le plus souvent, comme prévu, un effet bénéfique (à l'exception de l'O. de Sanary) en reprenant le matériel fin riche en matière organique déposé près des émissaires et au fond des baies et en le transportant au large en le dispersant, empêchant ainsi une évolution vers des fonds véritablement pollués.

C'est ainsi que, devant La Ciotat, la surface des fonds en cours de pollution en 1976 (Bourcier, 1980, fond du type subnormal type III de Bellan, 1967) a légèrement diminué en 1982. Il s'est produit le même phénomène près de l'émissaire de Sanary, mais au détriment de l'herbier à *P. oceanica* situé au N.O. de l'émissaire.

On ne dispose que de trop peu de données de « suivis » de longue durée pour comparer ces résultats à ceux d'autres régions ou d'autres mers (ce type de travail se heurte à beaucoup d'obstacles matériels, techniques, ou autres); cependant, un fait essentiel et général ressort de cette étude, à savoir la prise en compte des facteurs temps et climatiques. En effet, il y aurait danger à mettre sur le compte de la seule pollution et du seul facteur humain, tout changement observé.

Pour la zone étudiée ici, dans un proche avenir, on ne peut qu'espérer un mistral toujours dominant par sa fréquence, car on n'ose imaginer ce que deviendraient les fonds s'il y avait à nouveau une période déficitaire en vent de N.O. Pour un avenir plus lointain, la construction en cours de réalisation et la mise en service des stations d'épuration de Marseille, de La Ciotat (qui traitera aussi les eaux de Saint-Cyr, Les Lecques, La Madrague), ainsi que celle de Sanary-Bandol (construite à la Pointe de la Cride) amélioreront (sinon résoudront) ces graves problèmes de nuisances.

RÉFÉRENCES

- AILLAUD J.-P., 1976. Contribution à l'étude de l'évolution des fonds au large de l'émissaire de Cortiou (Marseille). Université d'Aix-Marseille II, Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie : 1-67.
- BELLAN G., 1967. Pollution et peuplements benthiques sur substrats meubles dans la région de Marseille. 1. Le Secteur de Cortiou. *Rev. int. Océanogr. médic.*, 2 (7) : 53-87.
- BELLAN G., M. BOURCIER, J. PICARD, C. SALEN-PICARD, G. STORA, 1984. Conséquences structurelles dues aux perturbations affectant les biocénoses benthiques méditerranéennes de substrat meuble. CIESM Lucerne, 1984 : 1-5.
- BOURCIER M., 1968. Etude du benthos du plateau continental de la baie de Cassis. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 60 (44), 1967 : 63-108.
- BOURCIER M., 1976. Economie benthique d'une baie méditerranéenne largement ouverte et des régions voisines en fonction des influences naturelles et humaines. Univ. Aix-Marseille, Thèse d'Etat, AO, CNRS n° 12.150 : 1-611, annexe : 1-50. Tableaux : 1-33.
- BOURCIER M., 1979. Contribution à la connaissance des sédiments marins entre le Cap Croisette et le Cap d'Alon (Est de Marseille) et de leur évolution de 1966 à 1972. *Téthys*, 9 (1) : 31-40.
- BOURCIER M., 1980. Evolution récente des peuplements macrobenthiques entre La Ciotat et les îles des Embiez (Côtes de Provence). Processus de contamination du benthos entre bassins côtiers voisins. *Téthys*, 9 (3) : 197-206.
- BOURCIER M., 1982. Evolution au cours des quinze dernières années des biocénoses benthiques et de leurs faciès dans une baie méditerranéenne soumise à l'action lointaine de deux émissaires urbains. *Téthys*, 10 (4) 1982 : 303-313.
- BRIBA C., J.-P. REYS, 1966. Modification d'une benne « orange peel » pour les prélèvements quantitatifs du benthos de substrats meubles. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 57 (41) : 117-121.
- CORNAND R., 1984. Etude de l'état de pollution chimique des sédiments au large de La Ciotat et des Lecques. Université d'Aix-Marseille II, Diplôme d'Etat de Docteur en pharmacie : 1-60.
- NODOT C., M. BOURCIER, A. JEUDY DE GRISSAC, S. HEUSSNER, J. RÉGIS, J. TINÉ, 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). 2. La Grande Rade. *Téthys*, 11 (2) : 141-153.
- PICARD J., 1961. Distribution et particularités des peuplements benthiques des côtes de Provence entre le Bec de l'Aigle et l'île des Embiez. *C.R. CIESM (Comm. int. Explor. Sci. Médit.)*, 16 (2) : 425-427.
- PICARD J., 1965. Recherches qualitatives sur les biocénoses marines de substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 52 (36) : 1-160.
- PICARD J., 1976. Accélération récente de l'extension au niveau des fonds marins et du benthos, de la zone d'épandage du collecteur de Marseille-Cortiou. 3^e journées Etudes Pollution. Split. CIESM : 199-205.
- PICARD J., M. BOURCIER, 1976. Evolution sous influences humaines des peuplements benthiques des parages de La Ciotat entre 1954 et 1972. *Téthys*, 7 (2-3) 1975 : 213-222.
- VILLE DE MARSEILLE, 1979. Etude préliminaire de l'impact de la Station d'Épuration des eaux usées (février 1979). Service de l'assainissement (rapport non paginé).