

Direction de l'Environnement et de l'Aménagement littoral - laboratoire côtier de Toulon

Jacques Denis



S.I.A.T.
Direction Contrat de Baie

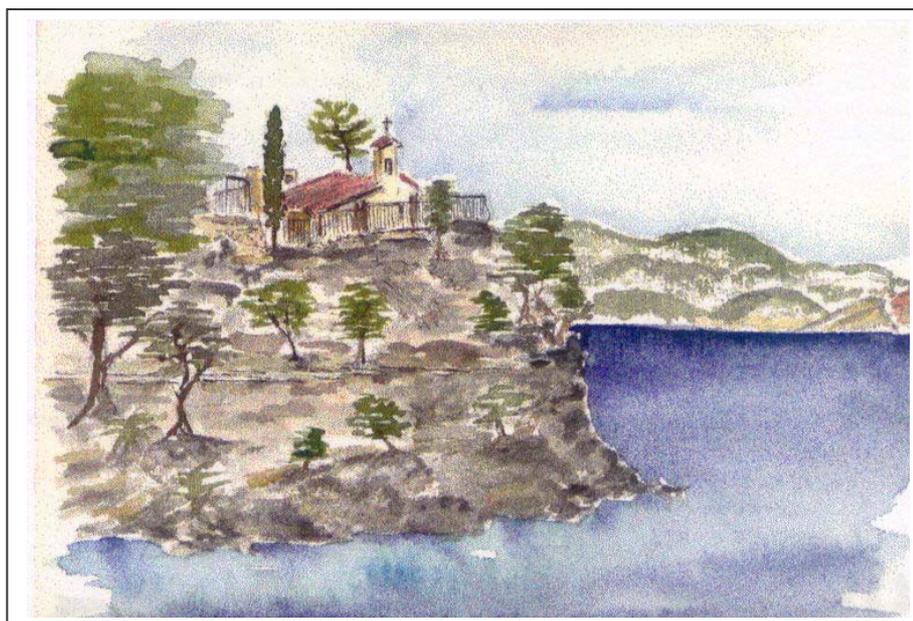
Guillaume Bernard

juillet 2001

contrat de baie de la rade de Toulon

étude et cartographie des biocénoses de la rade de Toulon

tâche B - rapport de synthèse final



S.I.A.T.
Direction Contrat de Baie



Etude et cartographie des biocénoses de la rade de Toulon

rapport de synthèse final

Les documents rendus par l'IFREMER et le GIS Posidonie, dans le cadre de cette étude, engagent leur responsabilité et leur crédibilité scientifique. Ils ne peuvent pour cette raison être modifiés sans leur accord.

En cas d'utilisation totale ou partielle de ce document, il doit être cité sous la forme suivante :

BERNARD G., DENIS J., DENEUX F., BELSHER T., SAUZADE D., BOUDOURESQUE C.F., CHARBONNEL E., EMERY E., HERVE G., BONHOMME P., 2001. Etude et cartographie des biocénoses de la rade de Toulon - Rapport de synthèse final. *Contrat d'étude pour le Syndicat Intercommunal de l'Aire Toulonnaise, IFREMER et GIS Posidonie*. IFREMER publ., La Seyne, fr. : 1-150.

Illustration de couverture d'après une aquarelle originale de J. Denis (cap Brun en grande rade)

1	INTRODUCTION.....	5
2	BILAN DES INTERVENTIONS.....	5
2.1	DEMARCHE OPERATOIRE.....	6
2.2	BILAN PAR FILIERE.....	7
2.2.1	Couverture sonar.....	7
2.2.2	Couverture par photographies aériennes.....	7
2.2.3	Levés par vidéo remorquée.....	7
2.2.4	Reconnaissances par ROV.....	8
2.2.5	Reconnaissances en plongée.....	9
2.2.6	Campagne de prélèvements.....	9
2.2.7	Observations des peuplements du médiolittoral.....	9
3	BILAN DES DONNEES ACQUISES.....	10
3.1	DONNEES ISSUES DE LA BIBLIOGRAPHIE.....	10
3.2	DONNEES DES LEVES SONAR.....	10
3.3	DONNEES DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES.....	10
3.4	DONNEES DE VIDEO REMORQUEE.....	11
3.5	DONNEES DU ROV.....	11
3.6	DONNEES SUR LE SEDIMENT.....	11
3.7	DONNEES DE PLONGEE.....	11
3.8	DONNEES SUR LES PEUPELEMENTS DU MEDIOLITTORAL.....	11
3.9	DONNEES MEDIATIQUES.....	12
4	PRESENTATION DES BIOCENOSSES DE LA ZONE D'ETUDE.....	12
4.1	DISTRIBUTION GENERALE DES BIOCENOSSES RENCONTREES.....	12
4.2	DESRIPTIF DES BIOCENOSSES OBSERVEES DANS LA ZONE D'ETUDE.....	13
4.2.1	Les peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral.....	13
4.2.2	Les petits fonds rocheux.....	15
4.2.3	L'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	16
4.2.3.1	Importance de l'écosystème à <i>Posidonia oceanica</i>	16
4.2.3.2	Mesures de protection existantes.....	17
4.2.4	Les peuplements du coralligène profond.....	17
4.2.5	Notion de paysage sous-marin.....	19
4.3	NOMENCLATURE ET CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSSES.....	20
5	SYNTHESE PAR SECTEUR.....	24
5.1	DEMARCHE ADOPTEE.....	24
5.1.1	Principe.....	24
5.1.2	Mise en œuvre.....	24
5.1.2.1	Sensibilité des éléments biocénotiques.....	25
5.1.2.2	Risques et facteurs d'altération de la zone d'étude.....	26
5.1.2.3	Découpage spatial.....	27
5.1.3	Information de synthèse.....	29
5.1.3.1	Fiches de synthèse.....	29
5.1.3.2	Classification des secteurs.....	30
5.2	RESULTATS PAR SECTEUR.....	30
5.2.1	Secteur n°1 : la petite rade et la baie du Lazaret.....	31
5.2.1.1	Contexte général.....	31
5.2.1.2	contexte physique.....	31
5.2.1.3	Contexte biocénotique.....	32
5.2.1.4	Contexte qualité du milieu.....	34
5.2.1.5	Evolution des biocénoses.....	34
5.2.2	Secteur n°2 : rade des Vignettes, de la Mitre au cap Brun, B.A.N. et pointe des Petits Frères.....	35
5.2.2.1	Contexte général.....	35
5.2.2.2	Contexte physique.....	35
5.2.2.3	Contexte biocénotique.....	35

5.2.2.4	Contexte qualité du milieu	38
5.2.2.5	Evolution des biocénoses	40
5.2.3	<i>Secteur n°3 : baie de la Garonne au cap de Carqueiranne</i>	42
5.2.3.1	Contexte général	42
5.2.3.2	contexte physique.....	42
5.2.3.3	Contexte biocénotique.....	43
5.2.3.4	Contexte qualité du milieu	46
5.2.3.5	Evolution des biocénoses	49
5.2.4	<i>Secteur n°4 : de la pointe Maregau au cap Cepet</i>	50
5.2.4.1	Contexte général	50
5.2.4.2	Contexte physique.....	50
5.2.4.3	Contexte biocénotique.....	51
5.2.4.4	Contexte qualité du milieu	53
5.2.4.5	Evolution des biocénoses	55
5.2.5	<i>Secteur n°5 : l'anse des Sablottes</i>	56
5.2.5.1	Contexte général	56
5.2.5.2	Contexte physique.....	56
5.2.5.3	Contexte biocénotique.....	56
5.2.5.4	Contexte qualité du milieu	60
5.2.5.5	Evolution des biocénoses	60
5.2.6	<i>Secteur n°6 : de la pointe de l'éperon au cap Sicié – Deux Frères</i>	62
5.2.6.1	Contexte général	62
5.2.6.2	Contexte physique.....	62
5.2.6.3	Contexte biocénotique.....	63
5.2.6.4	Contexte qualité du milieu	68
5.2.6.5	Evolution des biocénoses	73
5.3	ANALYSE ENVIRONNEMENTALE PAR SECTEUR	73
6	PROPOSITIONS	78
6.1	PROPOSITIONS DE MESURES DE SUIVI DU MILIEU MARIN	78
6.1.1	<i>Mise en place de points de suivi de l'herbier de Posidonie</i>	78
6.1.1.1	Balisages	78
6.1.1.2	Micro cartographie de l'herbier de Posidonie - Carré permanent	82
6.1.2	<i>Propositions de mesures de suivi de l'herbier de Cymodocées</i>	84
6.1.2.1	suivi cartographique	84
6.1.2.2	transect permanent	84
6.1.3	<i>Autres propositions de mesures de suivi</i>	84
6.1.3.1	suivi des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral... 84	84
6.1.3.2	suivi des peuplements d'échinodermes	85
6.1.3.3	suivi des peuplements de poissons	85
6.1.3.4	suivi des peuplements de gorgones	86
6.1.3.5	évaluation des usages socio-économiques.....	87
6.2	ELEMENTS DE REFLEXION POUR LA MISE EN PLACE D'UNE AIRE MARINE PROTEGEE ... 87	87
7	CONCLUSION.....	89
	BIBLIOGRAPHIE	91
	LISTE DES FIGURES, CARTES ET TABLEAUX.....	102
	ANNEXES	104

Ce **rapport de synthèse** sanctionne la fin du contrat établi avec le Syndicat Intercommunal de l'Aire Toulonnaise (SIAT) pour l'**étude et la cartographie des biocénoses de la rade de Toulon**, action qui s'inscrit dans le cadre du Contrat de baie.

Ce rapport fait référence à une série de documents préalablement produits. Il s'agit en l'occurrence de :

Documents de cadrage :

- Cahier des charges de consultation du SIAT,
- Proposition technique et financière Ifremer et GIS-Posidonie (juillet 2000),
- Eléments complémentaires à la proposition technique (courrier au SIAT du 18/08/00),
- Lettre de commande du SIAT à l'Ifremer pour « l'étude et la cartographie des biocénoses de la rade de Toulon » (31 août 2000).

Documents techniques :

- Rapport de campagnes : il relate les interventions de terrain prévues au titre de la tâche A du programme, effectuées pour la majorité de septembre à novembre 2000,
- Rapport méthodologique final : il décrit, au travers des 7 filières d'acquisition de données suivies, les opérations de traitement et de restitution de ces données, sous forme cartographique notamment. Ces opérations ont été réalisées pour la majorité dans la période de décembre 2000 à mai 2001,
- Documents cartographiques et données numériques : les uns sont édités sous forme d'atlas et les autres sous forme de fichiers informatiques.
- Enfin, une notice des produits de sortie accompagne l'ensemble de ces documents..

1 Introduction

L'étude sur les biocénoses de la rade de Toulon s'est déroulée jusqu'en avril 2001. Une présentation des principaux résultats acquis a été faite devant le comité technique le 23 avril 2001 suivie de la restitution des conclusions devant le Comité de Baie, le 5 juin 2001.

Le présent rapport apporte les éléments de conclusion de cette étude. Il comporte trois parties,

- la première consistant en un bilan des interventions et des résultats atteints,
- la seconde portant sur l'analyse de ces résultats et,
- la troisième ouvrant sur la formulation de recommandations destinées au renforcement du suivi de l'herbier ainsi qu'à la création d'une aire marine protégée.

Ce rapport de synthèse final a pour objet de fournir une information de synthèse destinée à aider la mise en œuvre d'une gestion concertée et intégrée de la zone concernée par le Contrat de Baie. Il fait très fréquemment référence au rapport méthodologique final pour tout ce qui relève d'informations techniques sur les données et informations obtenues.

La méthodologie suivie pour élaborer cette synthèse, a fait appel à un découpage de la zone d'étude en secteurs représentatifs de la configuration du littoral et de ses principales communautés de biocénoses. Cette approche est destinée à faciliter l'analyse des situations existantes et donc, à aider à la structuration et gestion des données qui s'y rattachent.

2 Bilan des interventions

Dans ce qui suit, il est fait référence aux diverses interventions réalisées sur le terrain pour l'acquisition de nouvelles données. Tous les détails relatifs à ces interventions, en terme de méthodes et de moyens utilisés, ainsi qu'aux opérateurs intervenants figurent dans le rapport méthodologique.

2.1 Démarche opératoire

Sept sources de données différentes ont été utilisées pour caractériser puis conduire à la cartographie des biocénoses de la zone d'étude. La figure 1 rappelle la nature de ces données, exploitées par filières, depuis la phase initiale d'acquisition jusqu'à celle finale de cartographie, d'une part et de synthèse, d'autre part.

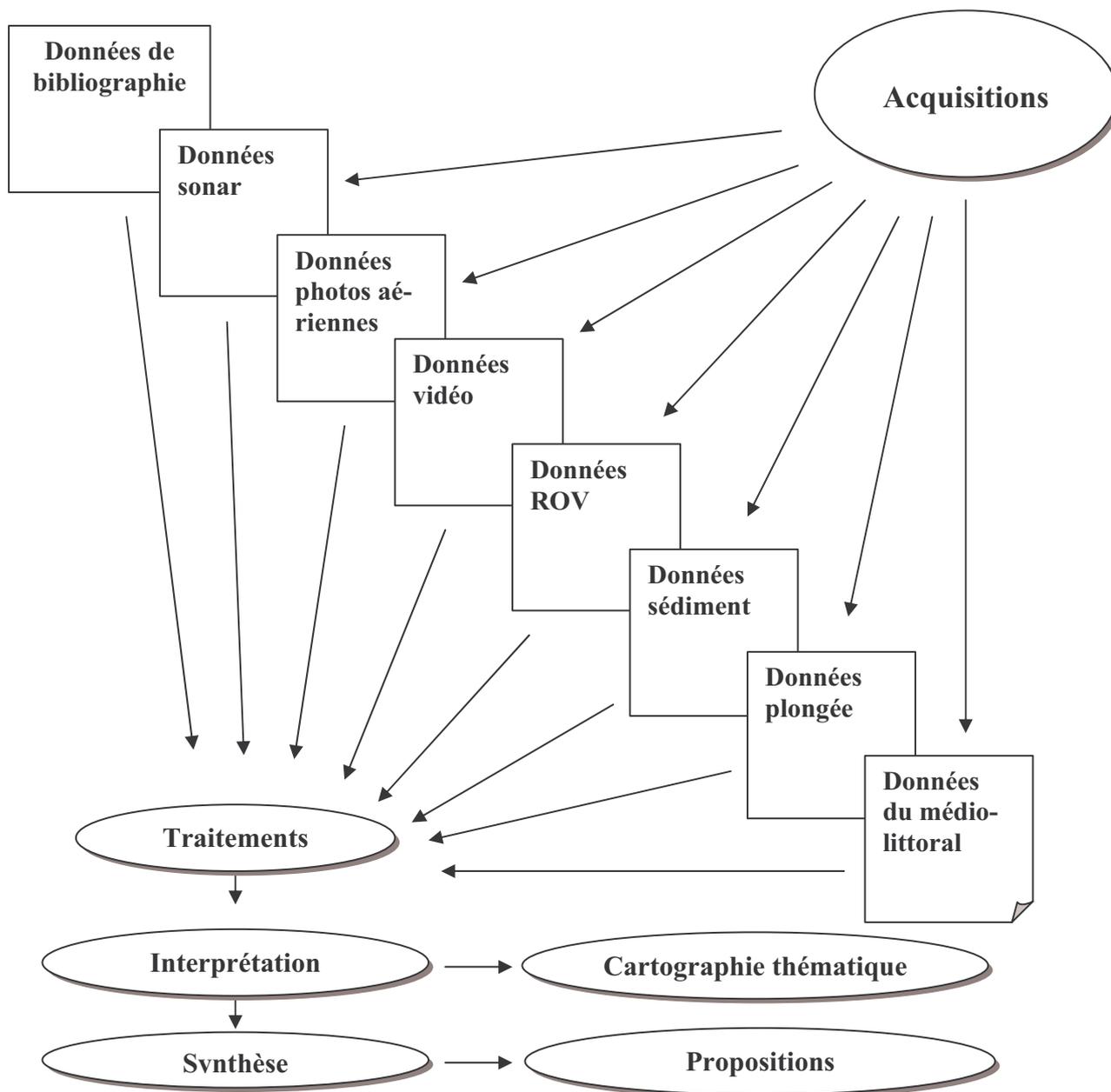


Figure 1 : démarche opératoire de la conduite de l'étude

La diversité des sources et des types de données (surfactive, linéaire et ponctuel) répond autant à un besoin de complémentarité des données entre elles (pour combler des manques) que de calibration et de validation (pour lever des doutes ou vérifier des informations existantes).

Chacune d'elles joue ainsi un rôle spécifique et indispensable vis à vis des autres. Ainsi, rappelons que :

- les données obtenues par sonar et photographies aériennes se complètent géographiquement pour couvrir l'herbier de posidonie, les premières couvrant sa partie inférieure (à partir de l'isobathe moyen de 12 m), les secondes, sa partie supérieure (dans la tranche bathymétrique de 0 à -12 m). Elles apportent également des indications sur le type de substrat (sableux et rocheux),
- les données obtenues par vidéo (remorquée dans un bâti et téléopérée au moyen d'un « Remote Operated Vehicle » ou « ROV ») permettent de caractériser les types de biocénoses rencontrées le long de profils. Elles sont donc utilisées à des fins de calibration et de validation des données précédentes,
- les données de sédiment prélevé (description et analyse granulométrique d'échantillons) permettent de calibrer les informations sur le substrat obtenues par les filières précédentes,
- les données obtenues par plongée permettent de dresser des inventaires précis et de décrire par l'observation directe les peuplements et les biocénoses en place. La plongée permet aussi de caractériser l'état de vitalité de ces biocénoses, tout en complétant les besoins de calibration et de validation.

2.2 Bilan par filière

La diversité des moyens d'acquisition de données a permis d'optimiser la couverture de la zone d'étude, avec :

- les acquisitions de type surfacique obtenues au moyen du sonar et des photos aériennes,
- les acquisitions de type linéaire obtenues au moyen de la vidéo tractée et du ROV,
- les acquisitions de type ponctuel obtenues au moyen de la plongée et des prélèvements de substrat.

Le bilan de cet ensemble d'interventions est le suivant :

2.2.1 Couverture sonar

Les trajets effectués deux jours durant, lors de la campagne POSICART (de juillet 2000), sur la zone d'étude ont fourni près de 120 km de levés, ce qui représente une surface renseignée d'environ 24 km². L'effort principal de couverture a été effectué sur les larges baies occupées par un herbier présentant un fort recouvrement, comme celui de la baie des Sablottes et de la partie Ouest de la grande rade ; la partie Est n'ayant fait l'objet que d'un levé de référence linéaire, étant entendu que des données relativement récentes existaient déjà sur ce secteur (Paillard *et al.*, 1993).

2.2.2 Couverture par photographies aériennes

Tout le linéaire côtier de la zone d'étude, d'une cinquantaine de km de long, a été couvert par un total de 17 épreuves. On peut considérer que c'est toute la surface des petits fonds, jusqu'à une profondeur moyenne de 12 m, qui a été ainsi couverte et renseignée.

2.2.3 Levés par vidéo remorquée

La stratégie initiale prévoyait de réaliser les levés selon un maillage théorique basé sur un réseau de radiales orientées côte / large, espacées d'un km environ, complétées par quelques

transversales en grande et petite rade (voir carte prévisionnelle des reconnaissances en annexe 1). Le maillage ainsi défini représente 75 km de levés. Ce linéaire d'observation des fonds a été réalisé à 100% par rapport aux prévisions, mais selon une géométrie différente, issue d'une adaptation nécessaire aux conditions réelles :

- les levés éloignés de la côte, en eaux profondes, ont été limités, dans leur longueur, à la bathymétrie des 50 m, en raisons de la grande homogénéité des substrats rencontrés. En effet, le détritique côtier, déjà présent à partir des 30 m environ se prolonge de façon uniforme, sans présenter de formes remarquables vers le large où l'homogénéité des fonds a été confirmée par les levés sonar. Pour la même raison, les grandes transversales de la grande rade n'ont pas été réalisées. Par ailleurs, les levés réalisés n'ont pas pu suivre la géométrie rectiligne initialement prévue et ce, pour deux raisons principales :
 - * des conditions météorologiques défavorables (vents parfois de force 7 à 8) ont fait choisir une orientation des routes adaptée à un travail en dérive, ce qui explique des tracés obliques, notamment à l'ouest de la grande rade, et relativement éloignés de la côte à l'ouest du Cap Sicié
 - * des obstacles de surface (filets, bateaux en pêche, bouées) ou de profondeur (épaves) ont contraint soit d'arrêter un profil soit de le détourner de son axe théorique, ce qui explique des tracés discontinus, notamment à l'est de St. Mandrier.
- pour le cas particulier de la petite Rade, les levés ont montré une très grande homogénéité des biocénoses en place, à savoir du sable vaseux. Ces investigations ont donc été limitées, d'autant que les conditions rencontrées de visibilité réduite à quelques dizaines de cm, ont fortement réduit l'intérêt des observations. La présence d'obstacles nombreux et importants (épaves) en plein centre du secteur, constituaient également un risque très important de détériorer voire perdre l'instrument. Compte tenu de ces conditions défavorables, le parti a été pris de limiter les levés aux zones périphériques du secteur de la petite rade, au nom d'une bonne répartition de l'effort d'observation en fonction de l'intérêt des biocénoses en place.
- Il a été ainsi opté de privilégier les observations dans les zones de petits fonds. En effet, considérées comme les plus complexes (avec la présence notamment de l'herbier de Posidonie et des Caulerpes), elles ont fait l'objet de reconnaissances plus denses que prévues. Cette reconnaissance fine a pu s'opérer dans de bonnes conditions, devant l'ensemble de la côte de la grande rade, des faces Nord et Sud de la presqu'île de St. Mandrier, et de la façade Est du massif du Mai.
- Il est à noter que nombre d'interventions ont été réalisées en zones militaires à accès soumis à autorisation. Celles-ci ont généralement été accordées mais selon un planning contraignant, du fait d'une activité militaire soutenue pendant la période des interventions de terrain. Ces contraintes, associées aux aléas météorologiques, ont ainsi entraîné des pertes de temps significatives sur les interventions programmées.

2.2.4 Reconnaissances par ROV

Durant les deux journées consacrées à ce type d'observations, plusieurs sites ont été couverts comme prévu, à savoir :

- le cap de Carqueiranne, selon trois radiales,
- l'émissaire de Ste Marguerite,
- la pointe de Marégau
- l'épave de l'Arroyo.

Par ailleurs, deux radiales complémentaires ont été effectuées au droit de la pointe de l'Eperon ainsi que de la pointe du Cap Vieux pour couvrir une zone déficiente en données.

Enfin, il n'y a pas eu de reconnaissance ROV :

- au droit de la station d'épuration du Cap Sicié du fait d'un milieu très homogène et bien couvert par la vidéo remorquée,
- au Cap Cepet et sur l'épave de l'Artésien pour raison d'autorisation (zone militaire interdite),
- sur le côté Est de la grande digue, reconnu essentiellement par plongée.

2.2.5 Reconnaissances en plongée

L'intervention par plongée a pour but, par observation *in situ*, de valider certaines données sonar, photos aériennes ou vidéo ou de combler des lacunes. Ces plongées permettent de reconnaître la nature des fonds et de caractériser les peuplements qui les occupent. Le choix de leur répartition géographique est principalement dicté par l'état antérieur des connaissances, fourni par la bibliographie et les résultats des investigations *in situ* engagées dans de la présente étude (sonar, photographies aériennes, vidéo). Dans le cadre spécifique de cette étude, 26 plongées de reconnaissance et d'inventaire ont été réalisées ainsi que 13 plongées ponctuelles de vérité terrain. L'effort d'échantillonnage a été plus important sur la partie ouest de la zone d'étude, en particulier, dans toute la baie des Sablottes, secteur le moins documenté. La partie Est du secteur d'étude, de la rade des Vignettes à la baie de la Garonne ont, en effet, fait l'objet de nombreuses études depuis les années 1960.

Par ailleurs, à l'occasion de la campagne CALIFA 2000 à bord du N/O L'EUROPE, 10 plongées ont été effectuées ainsi qu'à l'occasion de l'intervention ROV au cours de laquelle une équipe de plongeurs a accompagné l'engin dans le secteur des Deux Frères et du cap Sicié. D'autres plongées de reconnaissance ont également été réalisées à l'occasion des prélèvements réalisés dans le cadre de l'étude du diagnostic de la contamination de la baie du Lazaret (étude inscrite dans le cadre du contrat de baie).

2.2.6 Campagne de prélèvements

15 prélèvements de sédiments ont été réalisés lors de la campagne CALIFA 2000. Ces points, avec les 51 autres points de prélèvements réalisés lors de la dernière campagne IPSN (2000) et les 7 points effectués dans la baie du Lazaret (campagne IFREMER 2001 dans le cadre de l'étude diagnostic) couvrent l'intégralité de la zone d'étude, avec un maillage particulièrement fin.

2.2.7 Observations des peuplements du médiolittoral

Il était prévu d'opérer ce type d'observations sur la base de **21** points espacés régulièrement, afin de couvrir toute la zone d'étude. En outre, comme l'hydrodynamisme est le principal facteur déterminant le peuplement de cette zone, **40** points étaient prévus dans des sites possédant une AVM (Amplitude Verticale du Médiolittoral) de 80 cm (l'AVM est une mesure indirecte de l'hydrodynamisme). C'est la quasi-totalité de la zone d'étude, de la pointe de l'Eperon au cap de Carqueiranne, qui a finalement été échantillonnée **en continu**, exception faite de la petite rade (où seuls les trois points prévus ont été échantillonnés), des plages et des

digues artificielles qui ne présentaient qu'un intérêt réduit pour l'analyse de ce type de peuplement.

3 Bilan des données acquises

Ce bilan est établi pour chaque filière.

3.1 Données issues de la bibliographie

A partir de la sélection proposée dans le cadre de l'offre, et du document réalisé dans le cadre du projet préalable au contrat de baie, un bilan plus précis a été effectué par le GIS Posidonie pour chaque étude retenue en terme de thématique abordée, de couverture géographique ainsi que de produit fourni (notamment sous forme cartographique). Plusieurs éléments bibliographiques complémentaires ont été analysés et apportés, notamment à la thématique sédiment et à la thématique herbier.

3.2 Données des levés sonar

Le dépouillement des sonogrammes couvrant la zone d'étude (levés des 04 et 15 juillet 2000 de la campagne POSICART) réalisé par le consultant spécialisé, P. Clabaut, a été restitué sous forme d'une maquette de carte des biocénoses, dont les thèmes répondent à la nomenclature suivante :

- herbier à *Posidonia oceanica* (3 classes : continu à fort recouvrement, à faible recouvrement, en taches) et les zones de matte morte,
- faciès sédimentaires (de couleur sombre à claire),
- faciès rocheux,
- traces anthropiques (mouillage, chalutage).

Les levés sonar ont permis d'identifier et de préciser la limite inférieure de l'herbier ; la limite supérieure se trouvant dans des eaux peu profondes, non accessibles au bateau, n'est pas couverte par le sonar.

Une note technique accompagnant cette carte explicite les premiers résultats, en terme de lacunes (absence de levé) et de doutes (incertitude sur la donnée image du sonogramme).

3.3 Données des photographies aériennes

Cinq photographies aériennes ont été acquises auprès de l'IGN (campagne 1998 FD 13-83/250 C), complétées par une autre série de photos provenant du service de l'Urbanisme de la Ville de Toulon (campagne IGN 1995) ainsi que des clichés provenant de campagnes spécifiques (AERIAL, 1992, 1995). A noter que les photos aériennes ne couvrent pas les zones militaires (masque blanc). Ces photos ont été numérisées et redressées géographiquement. Le traitement de ces images est réalisé à l'écran au moyen du module Image Analysis® d'Arcview®.

La validation du traitement des photographies, en particulier au niveau de la limite supérieure de l'herbier de posidonie et de la nature des biocénoses de faible profondeur (petits fonds rocheux, zones de sable) s'est appuyée sur les données des filières vidéo remorquée et plongées de validation terrain.

3.4 Données de vidéo remorquée

Le dépouillement des images enregistrées à bord du N/O l'EUROPE et du CUPIDON a été entrepris à Brest et à Toulon par le laboratoire côtier. Cette phase de dépouillement conduit à qualifier les routes suivies selon les thèmes biocénotiques retenus pour la saisie avec le logiciel VIDEONAV© : à savoir l'herbier à *Posidonia oceanica*, les peuplements de *Caulerpa taxifolia* et *C. racemosa*, les différents faciès de substrat, rocheux, sableux, vaseux et, enfin, diverses particularités comme la présence de macro déchets, d'épaves ou d'espèces animales ou végétales. Une validation comparative entre les images vidéo et les fichiers ainsi constitués a été effectuée avec l'aide des biologistes du GIS Posidonie.

3.5 Données du ROV

Le dépouillement de ces images enregistrées à bord du CUPIDON et de l'ALCYON a suivi la même procédure que les images obtenues par vidéo tractée.

Les données ROV permettent localement de valider l'information de zones non couvertes par le sonar ou les zones d'incertitude. L'acquisition par ROV permet en outre de fournir des images de qualité des sites les plus caractéristiques de la zone d'étude.

3.6 Données sur le sédiment

Des échantillons ont été prélevés, par benne, à bord du N/O L'EUROPE (campagne CALIFA 2000). Par ailleurs, les données sédimentaires de la campagne effectuée par l'IPSN en avril 2000 pour le compte du SIAT ont permis de valider l'interprétation des échantillons spécifiques à la présente étude. Enfin, l'analyse bibliographique sur ce thème a été approfondie pour prendre en compte les données granulométriques locales (Baie du Lazaret, pointe Ste Marguerite).

3.7 Données de plongée

Les opérations spécifiques ont porté sur deux types de plongées : (i) des plongées ponctuelles nécessitées par l'interprétation (vérités terrain) des données sonars, des photos aériennes et des vidéos pour lever des doutes ou combler des lacunes (plongées de type I) ; (ii) des plongées d'investigation plus poussées (plongées de type II) destinées à l'étude de sites intéressants et présumés d'intérêt particulier. Ces plongées effectuées le long de transects et par prospections ont permis de dresser des inventaires d'espèces patrimoniales ainsi que des estimations de qualité globale de milieu ; une attention particulière ayant été portée à l'herbier à *P. oceanica*. Des mesures *in situ* de paramètres de vitalité (recouvrement, densité, déchaussement) ont ainsi été réalisées dans les secteurs clés de l'herbier.

3.8 Données sur les peuplements du médiolittoral

Dans la zone de battement des vagues se trouvent des ceintures étroites d'algues et d'invertébrés dont la répartition est limitée à ce niveau marin (*Cystoseira amantacea* var. *stricta*, *Lithophyllum byssoides*, *Corallina elongata*, *Rissoella verruculosa*, *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp.). L'étude de leur répartition géographique, ainsi que leur suivi dans le temps, peut permettre de caractériser la qualité du milieu littoral ; on parle alors d'indicateurs biologiques et plus particulièrement d'espèces sentinelles. La répartition de ces peuplements le long du linéaire de côte, a été relevée sur la quasi totalité de la zone d'étude (exception

faite de la petite rade, des plages et des digues artificielles qui ne présentent qu'un intérêt réduit pour l'analyse de ce type de peuplement).

Sur la base des photographies aériennes disponibles et du fond de carte SHOM, le secteur d'étude a été divisé en sous-entités de 50 m linéaire environ. Le trait de côte a été digitalisé sous SIG (ArcView®), à partir d'agrandissements de photos aériennes (IGN campagne 1998) à l'échelle du 1:2000^{ème}. Chaque secteur de 50 m est désigné par un indice, et est représenté par la portion de trait de côte correspondant, à laquelle correspondent les cotes d'abondance des différentes espèces échantillonnées, ainsi que différentes informations comme le secteur et la date d'observation. En combinant et triant les informations de la base de données, on peut rapidement produire des cartes thématiques (répartition de telle ou telle espèce, secteurs répondant à plusieurs critères, etc.). Le produit final est une représentation cartographique des peuplements du médiolittoral et de l'étage supérieur de l'infralittoral, sur l'ensemble de la zone d'étude, par unité géographique de 50 m.

3.9 Données médiatiques

Sous cette rubrique sont considérées les données à caractère médiatique comme les images et les photos. En effet, lors des acquisitions vidéo et des plongées, de nombreuses images et photos ont été acquises. Elles viennent illustrer les opérations et les techniques mises en œuvre ainsi que les biocénoses, les paysages et les autres éléments extérieurs caractérisant une situation ou un état du milieu.

4 Présentation des biocénoses de la zone d'étude

4.1 Distribution générale des biocénoses rencontrées

La côte de l'aire Toulonnaise est constituée, sur plus de 50 km de linéaire d'une alternance de falaises accores, de plages de galets, de plages de sable et de constructions artificielles (21 km de linéaire de côte). Plusieurs portions rocheuses, caps et pointes, jalonnent la grande rade, mais la zone de falaises du cap Sicié est la zone rocheuse la plus étendue.

Dans la continuité du littoral rocheux, et donc sur la majeure partie du linéaire de côte de la zone d'étude, les fonds de faible profondeur (entre 0 et 10 m) sont constitués de substrat rocheux, socle, blocs ou éboulis. En revanche, de grandes zones sableuses sont présentes au droit des plages, dans l'anse des Sablettes, dans la baie du Lazaret, dans la petite rade et dans la baie de la Garonne.

L'herbier à *Posidonia oceanica* est présent sur l'ensemble du secteur d'étude, à l'exception de la Baie du Lazaret et de la petite rade. Il présente des extensions et des états de vitalité extrêmement variables selon le contexte géomorphologique et anthropologique des secteurs.

Les sites de coralligène profond du secteur d'étude sont majoritairement situés dans sa partie Sud-Ouest, entre le Cap Sicié et les îlots des Deux Frères, ainsi que, pour quelques espèces, sur la sèche de St-Elme dans l'anse des Sablettes.

Il faut citer le très important développement des zones concernées par *Caulerpa taxifolia* et *C. racemosa*. En effet, ces deux espèces ont colonisé l'ensemble de la grande rade, de la Grande digue à la baie de la Garonne. Une nouvelle tache (la seconde) de *Caulerpa taxifolia* a

été identifiée au centre de la baie du Lazaret dans le cadre de l'étude. En revanche, ces deux espèces n'ont pas été observées dans la partie Ouest de la zone d'étude, du cap Cepet à la pointe de l'Eperon.

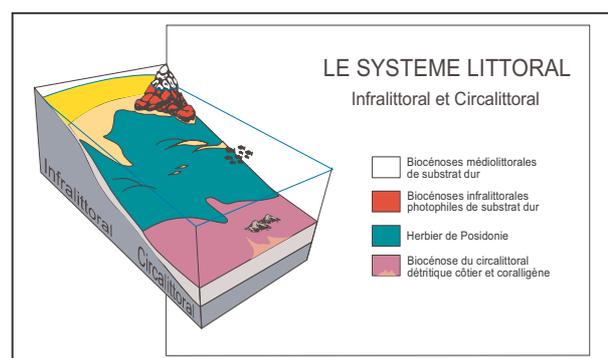
Enfin, pour ce qui concerne le détritique côtier, classique ou envasé, il occupe une large surface de la grande rade, en général au delà de l'herbier, à partir de profondeurs de 20 à 30 m. Ces deux types de substrat sont en fait étroitement imbriqués avec cependant une légère prédominance du détritique côtier envasé dans la partie centrale de la grande rade, là où l'hydrodynamisme, plus faible, détermine la formation d'une cellule de décantation (Jeudy de Grissac et Tiné, 1980).

4.2 Descriptif des biocénoses observées dans la zone d'étude

4.2.1 Les peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

Les caractéristiques des masses d'eaux influent sur la distribution des peuplements, sur leur composition spécifique et sur la dominance de certaines espèces. Dans la zone de battement des vagues se trouvent des ceintures étroites d'algues et d'invertébrés dont la répartition est limitée à ce niveau marin. Leur présence dans ce milieu, hostile pour les organismes, est conditionnée par une grande résistance à l'hydrodynamisme, ainsi qu'une bonne adaptation aux très fortes variations de températures et, pour certaines d'entre elles, de salinité. La zone de subsurface, et donc les peuplements qui s'y trouvent (on les nomme peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral, fig. 2) sont particulièrement exposés aux pollutions de surface, comme les rejets d'émissaires urbains ou les pollutions pétrolières. L'étude de leur répartition géographique, ainsi que leur suivi dans le temps, peut permettre de caractériser la qualité du milieu littoral (Bellan-Santini, 1966), on parle d'indicateurs biologiques et plus particulièrement d'espèces sentinelles (Pergent, 1991 ; Bellan, 1993 ; Boudouresque, 1995 ; Boudouresque, 1996).

Figure 2 : répartition bathymétrique des principales biocénoses littorales.



Parmi ces organismes, quelques espèces d'algues, aisément identifiables, ont été sélectionnées :

- L'algue calcaire *Lithophyllum byssoïdes* (anciennement *L. lichenoides*, Rodophyta, Corallinales), commune dans le bassin occidental de la Méditerranée et dans l'Adriatique, ne

se développe que dans un intervalle bathymétrique très restreint, sur les substrats durs du sous-étage inférieur de l'étage médiolittoral et affectionne particulièrement les biotopes de mode battu (Molinier, 1960 ; Pérès et Picard, 1964 ; Feldman, 1938). La coalescence des thalles, de forme plus ou moins hémisphérique, forme des placages sur substrat en pente faible et des « bourrelets » sur paroi verticale (Bianconi *et al.*, 1987). Très localement (et en Méditerranée seulement), dans les biotopes légèrement ombragés (Huvé, 1963), les failles en particulier (Laborel, 1987 ; Laborel *et al.*, 1993, 1994), cette algue édifie des "encorbellements" (longtemps connus sous le nom de trottoirs), une corniche en porte-à-faux qui peut atteindre jusqu'à 2 m de largeur (Sicsic, 1967). Ce sont les bioconstructions se développant au niveau le plus élevé en Méditerranée. En France, les encorbellements les plus spectaculaires ont été observés dans les Pyrénées-Orientales, dans les Iles d'Hyères, dans les Alpes-Maritimes mais surtout en Corse le long de la côte occidentale (réserve naturelle de Scandola). L'édification d'un encorbellement est un phénomène d'une lenteur exceptionnelle (plusieurs siècles) ; sa destruction est donc irréversible à l'échelle humaine (Laborel *et al.*, 1983). Leur situation même, ainsi que leur structure poreuse, rendent ces formations particulièrement vulnérables aux pollutions de surface telles que les eaux polluées des émissaires urbains, les films d'hydrocarbure et les phosphates des détergents (Laborel *et al.*, 1994), ainsi qu'aux agressions mécaniques (débarquement, piétinement, Verlaque, 1996 ; Boudouresque, 1996).

- *Cystoseira amentacea* var. *stricta* : De nombreuses espèces de **cystoseires** (Chromophyta, Fucales, Cystoseiracées) sont observées en Méditerranée occidentale. Ce sont des algues de grande taille, de couleur brun-rouge, constituées le plus souvent d'un tronc unique, à base large, portant de nombreuses ramifications. Les plus grandes des cystoseires méditerranéennes peuvent dépasser 1m de hauteur, ce sont des espèces très longévives (plusieurs dizaines d'années). Du fait de leur grande taille, les cystoseires constituent des habitats remarquables en terme de biodiversité et de productivité (de nombreux invertébrés trouvent abri entre les feuilles), analogues aux forêts du domaine terrestre. Les cystoseires se rangent parmi les peuplements à forte valeur patrimoniale de Méditerranée (Delépine *et al.*, 1987). En Méditerranée trois grands types de peuplements de cystoseires se distribuent entre la surface de l'eau et 50 m de profondeur : Les peuplements de mode battu (dont les peuplements de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* et *C. mediterranea*, à très faible profondeur, moins de 1 m), ceux de mode calme, qui occupent les rochers jusqu'à 10-15 m de profondeur, et les peuplements de profondeur (jusque vers 50 m pour *C. zosteroides*), constitués de grands individus à croissance très lente. Seule ***Cystoseira amentacea* var. *stricta***, est signalée dans la frange supérieure de l'infralittoral (zone de subsurface) dans le secteur d'étude (Astier, 1975 ; Astier et Taillez, 1978 ; Verlaque et Tiné, 1979 ; Thomas, 1983).

Leurs caractéristiques biologiques font des cystoseires des espèces très vulnérables, incapables de supporter de trop fortes perturbations du milieu. Elles sont toutes très sensibles à la pollution et à la turbidité des eaux, ainsi qu'au surpâturage, comme en témoigne leur régression dans toute la Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 1990 ; Verlaque, 1990). Une fois détruites, les chances d'une restauration naturelle sont faibles. En effet, elles ne se reproduisent que de façon sexuée, par des œufs relativement lourds qui ne sont disséminés que sur quelques mètres (ou dizaines de mètres) : la recolonisation ne peut donc se faire que de proche en proche, à partir d'une population survivante (Soltan *et al.*, 2001). Plusieurs Cystoseires de Méditerranée (*C. amentacea* var. *stricta*, *C. mediterranea*, *C. spinosa*, *C. zosteroides*) sont inscrites dans l'annexe I de la Convention de Berne (1996) et l'annexe I

de la Convention de Barcelone (1996). Leur présence en revanche peut témoigner de la bonne qualité des eaux littorales.

- *Corallina elongata* : l'exubérance des peuplements à *Corallina elongata* peut témoigner d'une eau polluée. En effet, en cas de pollution, sur les portions de côte rocheuse, les espèces les plus caractéristiques de la biocénose sont éliminées (les cystoseires en particulier, car leur tolérance vis-à-vis des conditions du milieu sont très strictes). Les espèces à large potentialités écologiques et fortement tolérantes à la pollution, comme les corallines (ou les moules) colonisent alors la surface laissée libre. Toutefois des peuplements abondants de coralline peuvent également être présents dans des zones totalement exemptes de pollution. *Corallina elongata* constitue par exemple des peuplements denses dans des stations où l'hydrodynamisme (très fort) ou l'éclairement (très faible) élimine ses concurrents. Il est à noter qu'un très fort hydrodynamisme peut de la même façon permettre l'installation de peuplements denses de moules, y compris en l'absence de source particulière de matière organique.

- Les ulves (*Ulva* spp.) et les entéromorphes (*Enteromorpha* spp.) sont des algues vertes (Chlorophyta) aimant les eaux dessalées et/ou enrichies en matière organique : elles sont donc souvent indicatrices de pollution, directement (matière organique) ou indirectement (dessalure consécutive aux émissaires) et se développent à proximité des émissaires urbains.

- *Rissoella verruculosa* (Rodophyta, Gigartinales, Rissoellacées) est une algue du médiolittoral supérieur, caractéristique des modes battus et des substrats siliceux. Elle forme des ceintures saisonnières dans les sites bien exposés à l'hydrodynamisme et à la lumière, et témoigne d'une certaine qualité des eaux. Ses peuplements ont tendance à disparaître dans les criques et les failles abritées, ils sont également soumis à une forte variabilité saisonnière, le maximum de développement se situant à la fin de l'hiver (février-mars), et au début du printemps.

4.2.2 Les petits fonds rocheux

Les **petits fonds rocheux**, constitués d'éboulis, de blocs et d'arêtes rocheuses constituent la première strate de "l'infralittoral" (Peres & Picard, 1964), zone constamment immergée (par opposition au médiolittoral, zone d'humectation par les vagues, tantôt submergée, tantôt à sec).

Les peuplements de substrats durs de ces petits fonds rocheux sont dominés qualitativement et quantitativement par les végétaux. C'est une biocénose d'une grande richesse, lieu de vie de nombreux poissons et invertébrés, en particulier des juvéniles. Il s'agit d'un milieu d'autant plus vulnérable qu'il est en première ligne face aux dégradations éventuelles (rejets urbains et aménagements).

Les peuplements infralittoraux¹ des petits fonds rocheux peuvent se subdiviser en deux grands groupes : les peuplements photophiles et les peuplements sciaphiles. Les premiers se rencontrent généralement sur les faces supérieures des blocs et des arêtes rocheuses alors que les seconds sont observés sur les parois verticales, dans les cavités et sous les surplombs.

¹ L'étage infralittoral correspond à la zone constamment immergée (50 cm sous la surface), dont la limite inférieure correspond à la profondeur compatible avec la vie des phanérogames marines (entre 30 et 40 m en Méditerranée).

4.2.3 L'herbier à *Posidonia oceanica*

4.2.3.1 Importance de l'écosystème à *Posidonia oceanica*

La Posidonie, *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, est une phanérogame marine (plante à fleurs) endémique de la Méditerranée. Elle constitue de vastes prairies sous-marines, appelées herbiers, qui se développent depuis la surface de l'eau jusqu'à 30 à 40 m de profondeur, selon la transparence des eaux. La formation des herbiers, leur dynamique et leur densité dépendent étroitement du milieu environnant : nature du substrat sur lequel les posidonies se fixent, force et direction des courants sous-marins, profondeur, qualité des eaux, *etc.* (Molinier & Picard, 1952 ; Boudouresque & Meinesz, 1982).



Les feuilles de Posidonie mesurent généralement de 40 à 80 cm de long et 1 cm de large; elles sont regroupées en faisceaux de 4 à 8 feuilles environ, et tombent surtout à l'automne. Chacun de ces faisceaux de feuilles est situé à l'apex d'un axe appelé rhizome (tige souterraine), qui croît horizontalement (rhizome plagiotrope) ou verticalement (rhizome orthotrope). La vitesse de croissance² de l'herbier est très lente, en moyenne de l'ordre de 3 à 6 cm par an pour les rhizomes plagiotropes (Caye, 1980 ; Molenaar, 1992).

L'herbier édifie au cours du temps un enchevêtrement complexe et extrêmement compact de rhizomes et de racines dont les interstices sont comblés par du sédiment. Ces « mattes » stabilisent les fonds meubles, elles peuvent atteindre une épaisseur de 8 m (Molinier & Picard, 1952), à raison d'un mètre par siècle. A la mort de l'herbier de Posidonie, ces mattes restent en place car elles sont peu putrescibles, et sont alors dénommées "mattes mortes". Selon les conditions du milieu et en particulier de l'hydrodynamisme, la Posidonie peut également édifier des paysages et reliefs particuliers comme les "herbiers tigrés", les "herbiers de colline" et les "herbiers ondoyants".

L'herbier de Posidonie est considéré comme l'un des écosystèmes les plus importants, voire l'**écosystème-pivot** de l'ensemble des espaces littoraux méditerranéens. Au même titre que la forêt en milieu terrestre, l'herbier de Posidonie est le terme ultime d'une succession de peuplements et sa présence est la condition *sine qua non* de l'équilibre écologique et de la richesse des fonds littoraux méditerranéens, en terme de biodiversité et de qualité des eaux littorales.

L'herbier joue également un rôle fondamental dans la **protection hydrodynamique** de la frange côtière et des plages, par atténuation de la puissance des vagues, de la houle et des courants. Les fonds sableux sont ainsi stabilisés par la fixation des sédiments dans le lacis des rhizomes constituant la matre (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983 ; Jeudy de Grissac, 1984 ; Jeudy de Grissac & Boudouresque, 1985). Sans cette protection contre l'érosion, le profil d'équilibre des rivages sableux serait fortement modifié. C'est le cas de nombreuses communes littorales confrontées au problème d'érosion des plages, suite à la régression des herbiers situés au large.

² - L'étude de la vitesse de croissance des rhizomes de Posidonie est réalisée grâce à la lépidochronologie. Cette méthode, apparentée à la dendrochronologie pour le domaine terrestre, est basée sur l'étude des variations cycliques (annuelles) de l'épaisseur des pétioles des feuilles le long des rhizomes (Pergent, 1987).

Des budgets conséquents sont ainsi annuellement consacrés par les communes à un apport régulier de sable pour compenser le lessivage de leurs plages.

4.2.3.2 Mesures de protection existantes

L'importance écologique des herbiers de posidonies rend leur régression particulièrement préoccupante. C'est la raison pour laquelle la posidonie apparaît sur les listes d'espèces menacées, bien que ce ne soit pas l'espèce en elle-même mais l'écosystème qu'elle édifie qui soit menacé (Boudouresque *et al.*, 1994). L'urgence d'une protection légale et d'une gestion raisonnée du domaine littoral a débouché sur plusieurs initiatives législatives au niveau national et communautaire :

1. Arrêté de protection de la Posidonie³ (19 juillet 1988, J.O. du 09 août 1988), dans le cadre de la Loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Cet Arrêté stipule qu'il est interdit « *de détruire, de colporter, de mettre en vente ou d'acheter et d'utiliser tout ou partie* » de la plante.
2. Prise en considération de l'herbier de Posidonie en tant que biotope dans le décret d'application (n°89.694 du 20 septembre 1989) de la "Loi littoral" n°86.2 du 3 janvier 1986. Ce décret d'application impose notamment la réalisation d'une notice d'impact spécifique sur le milieu marin, et en particulier sur l'herbier de Posidonie, pour tout projet d'aménagement littoral. De plus, la présence d'herbiers doit également être prise en compte dans les dossiers d'aménagement et les études d'impact (Loi sur l'eau n° 92.3 du 3 janvier 1992 ; Loi relative à la protection de la nature n°76.629 du 10 juillet 1976).
3. La Directive de l'Union Européenne du 21 mai 1992 (92/43/CEE) sur la conservation des habitats naturels et de la faune et la flore sauvage (dénommée "Directive Habitats") inclut les herbiers de Posidonies dans son Annexe 1 ("*Natural habitat types of Community interest whose conservation requires the designation of special areas of conservation*"), avec la mention "*priority habitat type*".
4. La Posidonie apparaît dans les Annexes de la Convention de Barcelone (adoptées en décembre 1995) et de la Convention de Berne (adoptées en février 1996);
5. Enfin, les herbiers marins sont pris en compte par l'Unesco, depuis la conférence de Rio en 1992.

L'herbier de Posidonie, ainsi que l'ensemble des phanérogames marines sont également protégées en Espagne : Catalogne (Ordre du 31 juillet 1991) et Comunidad Valenciana (Ordre du 23 janvier 1992).

4.2.4 Les peuplements du coralligène profond

Les **peuplements du coralligène** font partie de la biocénose du circalittoral⁴ qui débute à la limite inférieure des herbiers de phanérogames. Le nom de "coralligène" a été donné par le

³ - Outre la Posidonie, d'autres phanérogames marines sont également protégées : la Cymodocée (*Cymodocea nodosa* - Arrêté du 19 juillet 1988, J.O. du 9 août 1988) et plus récemment 2 espèces de Zostères (*Zostera marina* et *Z. noltii* - Arrêté du 9 mai 1994, J.O. du 26 juillet 1994).

⁴ L'étage circalittoral s'étend au delà de l'étage infralittoral, jusqu'à la profondeur extrême compatible avec la vie des algues multicellulaires.

premier scientifique qui a étudié ce milieu (particulier à la Méditerranée) car il pensait que cette formation donnait naissance au corail rouge. Il s'agit en fait d'un concrétionnement d'algues calcaires formant des blocs ("patates"). Leur croissance est relativement lente (quelques mm/an) et les blocs ne se développent qu'à partir de certaines profondeurs car les algues qui les édifient craignent une trop forte lumière : ce sont des algues sciaphiles (= qui aiment l'ombre). Les invertébrés calcifiés comme certains vers fixés, coraux solitaires participent à l'édification des blocs au même titre que les algues calcaires. Les surplombs et cavités des blocs ainsi constitués sont ensuite colonisés par des formes plus petites d'éponges et de bryozoaires, encroûtantes et fuyant fortement la lumière. Les particules qui tombent de la surface colmatent les petits interstices restant et consolident ainsi la construction qui, à la longue, se transforme en roche (phénomène de lithification) et est colonisée par une foule nombreuse d'invertébrés fixés (éponges, mollusques, *etc.*) (Laborel, 1961). Comme tout substrat calcaire en mer, le coralligène subit une érosion qui est l'œuvre de nombreux organismes destructeurs endolithes (= à l'intérieur de la roche) tels que les éponges perforantes, mollusques lithophages, mais également les oursins qui broutent les algues vivantes du coralligène. Une perpétuelle compétition dynamique s'engage donc entre les organismes destructeurs et constructeurs du coralligène (Laborel, 1961).

Le "coralligène de paroi" se rencontre sur des roches où les algues calcaires ne peuvent édifier de concrétionnement épais du fait d'une pente trop importante. Il est précédé à faible profondeur (à partir de 15 m) par un précoraligène, assemblage de transition avec les peuplements infralittoraux plus photophiles (Péres & Picard, 1964). Le coralligène de paroi est marqué physionomiquement par l'abondance de grands invertébrés sessiles de forme dressée (Harmelin, 1994). La plupart des animaux fixés se nourrissent du plancton et des particules en suspension dans l'eau. La compétition pour accéder à la masse d'eau et au flux de nourriture qu'elle représente est donc très forte et le peuplement à la surface des blocs s'organise en plusieurs strates, un peu à la manière des végétaux dans une forêt.

Les grands invertébrés dressés constituent la strate supérieure : grandes gorgones (blanches, oranges et rouges, *Eunicella singularis*, *E. cavolinii*, *Paramuricea clavata*), éponges corne-de-cerf (*Axinella polypoides*), grands vers spirographes et certains grands bryozoaires branchus (faux corail, *Myriapora truncata*, *Pentapora fascialis*).



Photo 1 : colonies de gorgones du site des Deux Frères (plongée 23/03/2001, Gilles Hervé)

Les gorgones, s'édifiant généralement en éventail plan, s'orientent de manière à être perpendiculaires au courant, augmentant ainsi leurs chances de capture de la nourriture apportée par celui-ci. Ces grands invertébrés marquent profondément la physionomie des "tombants", plus que celle du coralligène proprement dit. En sous-strate se développent des organismes plus petits : d'autres vers fixés, des ascidies, des bryozoaires comme les dentelles de Neptune, des hydraires et des petits coraux solitaires. Des éponges et des bryozoaires encroûtants, et les algues calcaires édificatrices constituent la dernière strate, constituée d'une mosaïque de plaques.

Les peuplements du coralligène procurent également nourriture et habitats pour une faune vagile variée (poissons, crustacés, mollusques, *etc.*) qui se regroupe ainsi le long des tombants rocheux. Par exemple on a dénombré près de 600 espèces d'invertébrés sur le coralligène (Laubier, 1966). Toutefois, bien que d'une richesse parfois spectaculaire le peuplement de poissons du coralligène comprend peu d'éléments caractéristiques (Harmelin, 1990) : la plupart des espèces rencontrées fréquentent également les fonds rocheux infralittoraux et les grottes sous-marines (Harmelin, 1994).

Certaines espèces de la biocénose du coralligène peuvent être observées à faible profondeur, dans des conditions où la luminosité est faible, sous les surplombs rocheux par exemple (surplombs sciaphiles) ou encore le long des parois des failles : animaux constructeurs à squelette calcaire (bryozoaires, spongiaires) à tubes (polychètes serpulides) ou à tests (mollusques, *etc.*), cimentés et colmatés sur la roche.

Cette richesse spécifique se traduit par des paysages sous marins remarquables très appréciés des plongeurs sous-marins : les tombants de coralligène, ils représentent un patrimoine sous-marin qu'il convient de connaître et de protéger.

4.2.5 Notion de paysage sous-marin

La notion de paysage est relativement récente dans le milieu sous-marin. En effet l'étude des peuplements marins et de leur écologie se réfère généralement à des répartitions spatiales res-

treintes (de l'ordre du mètre). Un paysage sous-marin tel que nous l'entendrons ici fait donc référence, d'une part à la dimension esthétique que constitue la qualité du décor : topographie, éléments architecturaux (les arches, les surplombs, les grandes parois verticales, les grands blocs, *etc.*), couleur, visibilité ; d'autre part à la qualité écologique du paysage, les communautés et les espèces remarquables (les grandes éponges, les gorgones, les grands échinodermes et les poissons, par leur abondance).

Dans le paysage tel qu'il est perçu par le plongeur sous-marin, la dimension esthétique et la richesse biologique l'emportent souvent sur l'intérêt patrimonial. Une grille des critères d'appréciation des sites de plongée par les plongeurs, à été proposée (Tab. I) dans le cadre du Plan de gestion du Parc national de Port-Cros (Boudouresque, 1996). Elle prend en compte plusieurs paramètres, la présence de poissons (de grande taille ou en forte abondance), la visibilité, le décor (accidenté si possible) mais également la difficulté d'accès (le danger est considéré comme un «plus»).

Tableau I : critères d'appréciation des sites de plongée

Éléments de paysages	Richesse biologique perçue par le plongeur	Qualité du décor	Difficulté d'accès
La roche littorale à algues (entre 0 et 5 m)	+	+	-
La roche littorale à algues (entre 5 et 20 m)	+++	++	+
Les éboulis	++	++	+
Les herbiers de posidonie	+	+	+
Les tombants profonds	++	+++	++
Les auvents, boyaux et grottes	+	+++	+++
Les peuplements du coralligène	+++	+++	++

- : faible richesse / décor sans intérêt / aucune difficulté

+ : richesse moyenne / décor d'intérêt moyen / difficulté moyenne

++ : bonne richesse / décor d'intérêt certain / accès difficile

+++ : très riche / décor spectaculaire / accès dangereux.

4.3 Nomenclature et cartographie des biocénoses

Les thèmes biocénotiques précisés dans le cahier des charges de l'étude fournissent la nomenclature de base sur laquelle les résultats de l'étude doivent s'appuyer en final. Cependant, chaque filière d'acquisition de données fournit des informations thématiques sur les biocénoses selon une nomenclature qui lui est propre.

Aussi, un travail important de mise en cohérence a dû être opéré afin de définir une nomenclature répondant au cahier des charges tout en profitant de la richesse des acquisitions.

In fine, la nomenclature nominale retenue pour traduire la connaissance actuelle des biocénoses de la rade de Toulon est la suivante :

1. Ecosystèmes spécifiques :

- l'herbier de Posidonie : l'herbier est caractérisé par :

- * deux classes de recouvrement⁵, l'un fort (> 50 %) et l'autre faible à moyen (< 50 %),
 - * la présence de matre morte visible dans certains cas (tombants ou chenaux en relief) ou invisible sous une couche de sable. Ceci a conduit à représenter symboliquement, par une ligne pointillée, la limite d'extension la plus probable des mattes mortes jusqu'à la profondeur approximative de 28 m (définie d'après les données de la littérature et les validations de plongée),
 - * l'existence de récif barrière (forme particulière d'herbier),
 - * la présence d'autres herbiers de phanérogames marines (Cymodocées et Zostères), représentés par leur enveloppe maximale d'extension,
 - les Caulerpes : les zones concernées sont caractérisées par la présence de l'une ou l'autre des deux espèces identifiées, *Caulerpa taxifolia* et *C. racemosa*, selon deux types de représentations : ponctuellement là où elle a été observée sur les trajets vidéo et spatialement pour indiquer globalement les zones colonisées (selon des degrés divers),
2. le substrat : plusieurs catégories de substrat ont été identifiées et retenues pour leur caractère représentatif de la zone d'étude. Ainsi, ont été distingués :
- le substrat dur, sous forme de :
 - * substrat dur à biocénoses photophiles,
 - * roches profondes sans peuplements du coralligène,
 - * roches profondes à peuplements du coralligène,
 - le substrat meuble non classé, sous forme de :
 - * détritique côtier classique,
 - * détritique côtier envasé,
 - le substrat meuble classé, sous forme de :
 - * sable grossier,
 - * sable fin,
 - * sable vaseux de mode calme,
 - * vase portuaire,
3. Eléments divers : plusieurs types d'éléments divers ont été rencontrés comme :
- les épaves de bateaux ou autres objets (pièces métalliques, torpilles ou obus, câbles, etc.),
 - les macro déchets de natures diverses (plastique, fer, verre, etc.),
 - les traces d'activités anthropiques (chaluts, ancrs, etc.).
- Cependant, seules les épaves ont été représentées, en tant qu'éléments bien identifiés.

Les documents cartographiques ont été conçus et produits sur la base de cette nomenclature définitive (Fig. 3 ; carte 1).

⁵ Le recouvrement de l'herbier sur le fond est défini de manière standardisée (se référer au chapitre VI du rapport méthodologique).

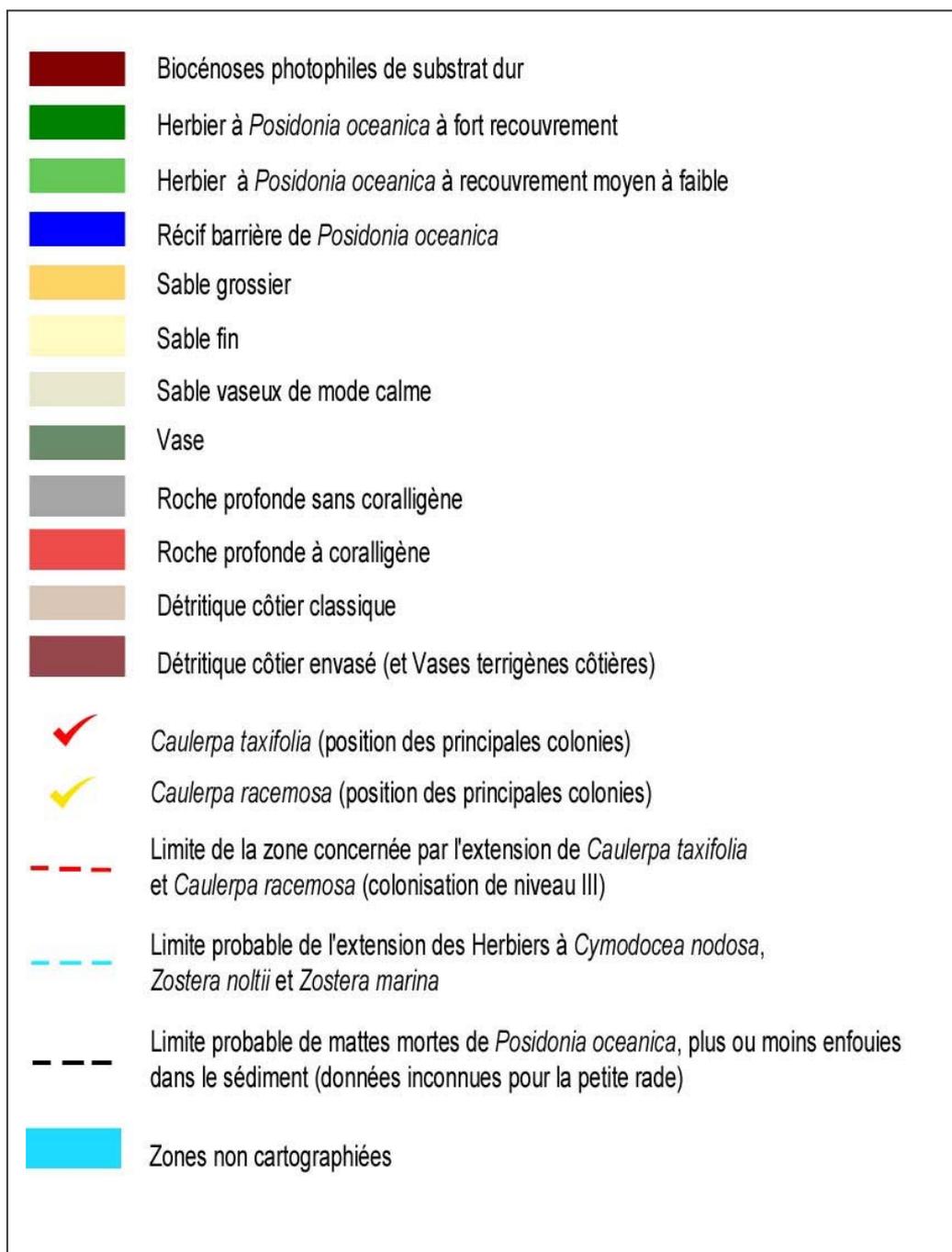
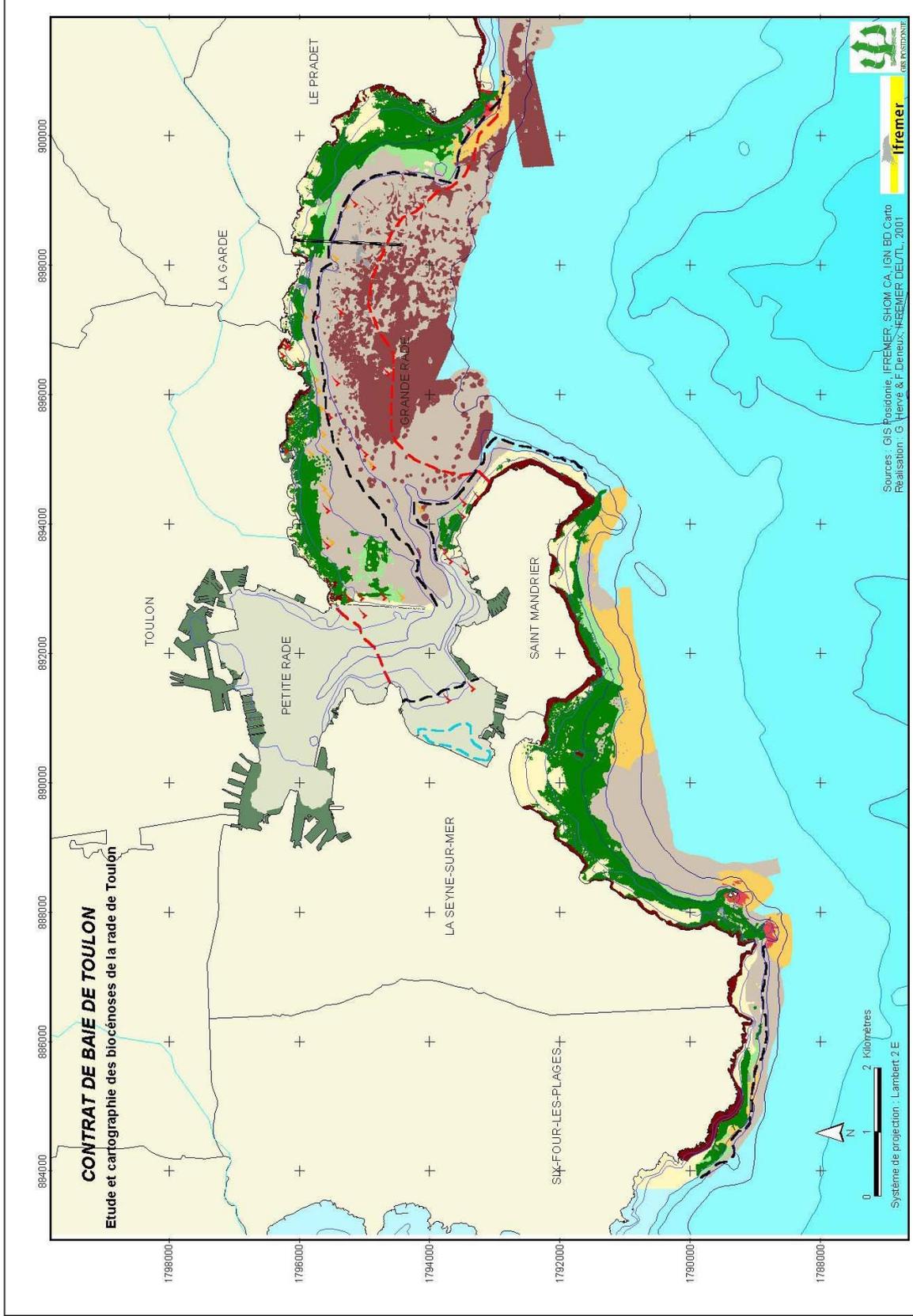


Figure 3 : nomenclature retenue pour la représentation cartographique des biocénoses de la rade de Toulon

Carte 1 : carte générale des biocénoses de la rade de Toulon



Carte 1

5 Synthèse par secteur

5.1 Démarche adoptée

La synthèse de l'information par secteurs répond à la nécessité d'exprimer les résultats obtenus en une information utile à la prise de décision pour le maître d'ouvrage du contrat de baie, en matière de gestion de cet espace. En d'autre terme, il s'agit de proposer une interprétation dynamique des résultats de l'étude des biocénoses de la rade de Toulon, transcrite au moyen d'une cartographie appropriée.

5.1.1 Principe

Les biocénoses identifiées dans la rade de Toulon présentent des caractéristiques qui leur sont propres, compte tenu des conditions de milieu qui les entourent. Par ailleurs, ces biocénoses sont soumises à des agressions diverses.

L'information recherchée relève du croisement :

- d'une part, de la **sensibilité** intrinsèque des biocénoses en place au vu des conditions de milieu qui régissent leur structure et fonctionnement,
- d'autre part, des **risques** ou **facteurs d'altération** en tant que formes d'agressions agissant sur les biocénoses.

Dans le cadre du dossier préalable, le diagnostic a déjà abordé ce principe d'analyse, respectivement en termes d'**atouts et enjeux** et de **contraintes et problèmes**, restitués dans des cadres spatiaux « homogènes », au nombre de 10. Ces éléments, tableau et carte, sont rappelés en annexe 2.

L'analyse menée dans le cadre de la présente synthèse a pour objet d'évaluer ces éléments de sensibilité et de risque ainsi que la résultante de leur mise en confrontation qui se traduit en terme de **vulnérabilité**. De cette dernière notion découlent les **éléments dynamiques** recherchés qui permettent d'apprécier les **tendances d'évolution** du milieu au travers de certains de ses compartiments et de proposer ainsi des mesures de gestion appropriées (Fig. 4).

5.1.2 Mise en œuvre

La démarche consiste à renseigner les champs de la sensibilité et du risque au moyen de descripteurs pertinents, adaptés à la thématique des biocénoses dans leur contexte local.

L'information de base requise sur les biocénoses a été acquise dans le cadre de la présente étude. Quant à l'information relevant du domaine du risque, elle a été extraite pour l'essentiel du dossier préalable qui a abordé cet aspect pour élaborer le diagnostic.

L'information issue de cette analyse fait l'objet d'une représentation cartographique synthétique illustrative des situations rencontrées.

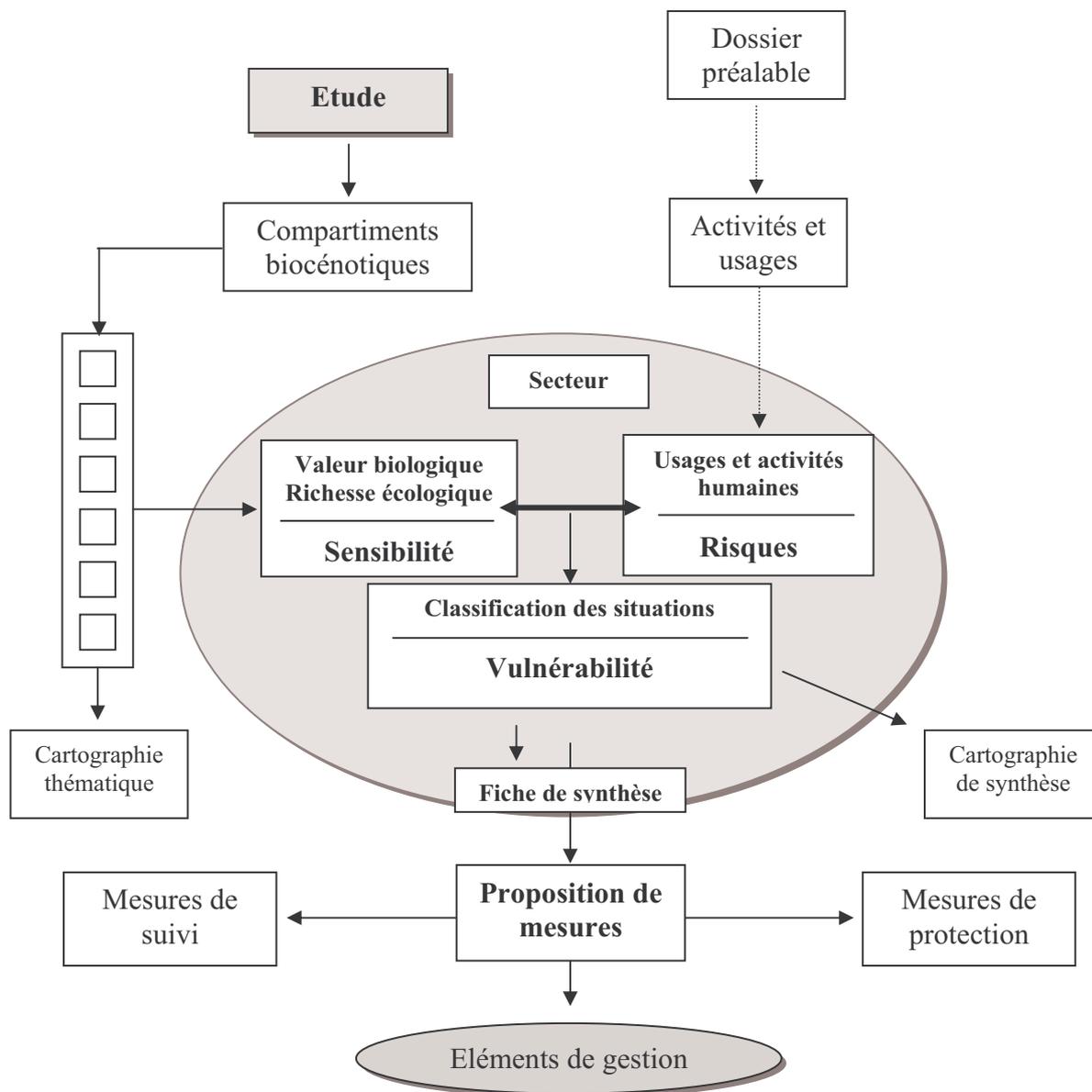


Figure 4 : diagramme de la démarche méthodologique menant à la synthèse des informations par secteur et, enfin, la proposition de mesures

5.1.2.1 Sensibilité des éléments biocénotiques

Parmi la liste des biocénoses identifiées dans la zone d'étude et en référence à la nomenclature définitive correspondante, les éléments biocénotiques les plus sensibles ont été sélectionnés. Cette sélection a été menée sur la base de leur intérêt ou valeur écologique, tant au plan individuel (espèces) que collectif (écosystèmes, paysages, peuplements). Il s'agit notamment de :

- l'herbier de Posidonie, en tant qu'écosystème endémique et indicateur à long terme de la qualité du milieu marin côtier,
- les petits fonds rocheux, en tant que siège d'une biodiversité importante,
- les peuplements du coralligène profond, en tant que groupements d'espèces représentatives de milieux de qualité et en tant que paysages remarquables,
- les grottes sous marines, en tant que paysages exceptionnels occupés par des espèces particulières,
- les espèces de faune et flore remarquables, pour leur caractère patrimonial ou leur statut d'espèces protégées,
- les peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral, en tant qu'espèces conditionnées par les conditions de qualité du milieu.

Les faciès sédimentaires et les biocénoses qui y sont rattachées, inventoriés dans la nomenclature cartographique (détritique côtier, fonds sableux, fonds vaseux) n'ont pas été pris en compte dans cette échelle de sensibilité, par manque de connaissances suffisantes sur leur sensibilité écologique globale. En effet, seul un travail de systématique qualitatif et quantitatif sur la méiofaune des fonds sédimentaire (travail qui n'était pas l'objet de cette étude) peut permettre de caractériser leur état de vitalité écologique.

5.1.2.2 Risques et facteurs d'altération de la zone d'étude

A des degrés divers, l'homme occupe la zone d'étude et l'exploite en pratiquant et développant de nombreuses activités. Dans la zone concernée, les principaux usages et activités considérés comme autant de facteurs d'altération du milieu sont :

Usages :

- * aménagement de l'espace côtier :
 - ports (militaire, de commerce, de plaisance, de pêche),
 - terres pleines et autres surfaces de diverses vocations (parkings),
- * occupation humaine :
 - zones habitées (urbanisation dense ou diffuse),
 - voies de communication,
- * exploitation de ressources :
 - vivantes (poissons, coquillages, etc.) et minérales (granulats),
 - paysages naturels (plages, sentiers côtiers, etc.),

Activités :

- industrielles (usines de production ou de transformation),
- maritimes (transport de marchandises et de passagers),
- militaires (établissements divers),
- touristiques (navigation, plongée, baignade, promenade, etc.),
- cultures marines (aquaculture, mytiliculture, ostréiculture, etc.),
- pêche professionnelle (poissons, coquillages, crustacés, etc.),

Ces actions ont des conséquences sur l'espace concerné notamment sur sa qualité ou son intégrité. Des impacts, voire des déséquilibres du milieu, en découlent directement ou indirectement.

Pour ce qui concerne la zone d'étude, les risques et facteurs d'altération principaux à retenir sont les suivants :

Consommation d'espace naturel, occupation accrue, changement de vocation,
Transformation d'espace, perte de l'intégrité d'origine (biodiversité),
Modification fonctionnelle (hydrodynamisme, paramètres physico-chimiques, etc.),
Diminution des stocks de ressources vivantes ou minérales,
Pollutions par rejets ou déversements à caractères chronique ou accidentel,
Production de déchets solides.

5.1.2.3 Découpage spatial

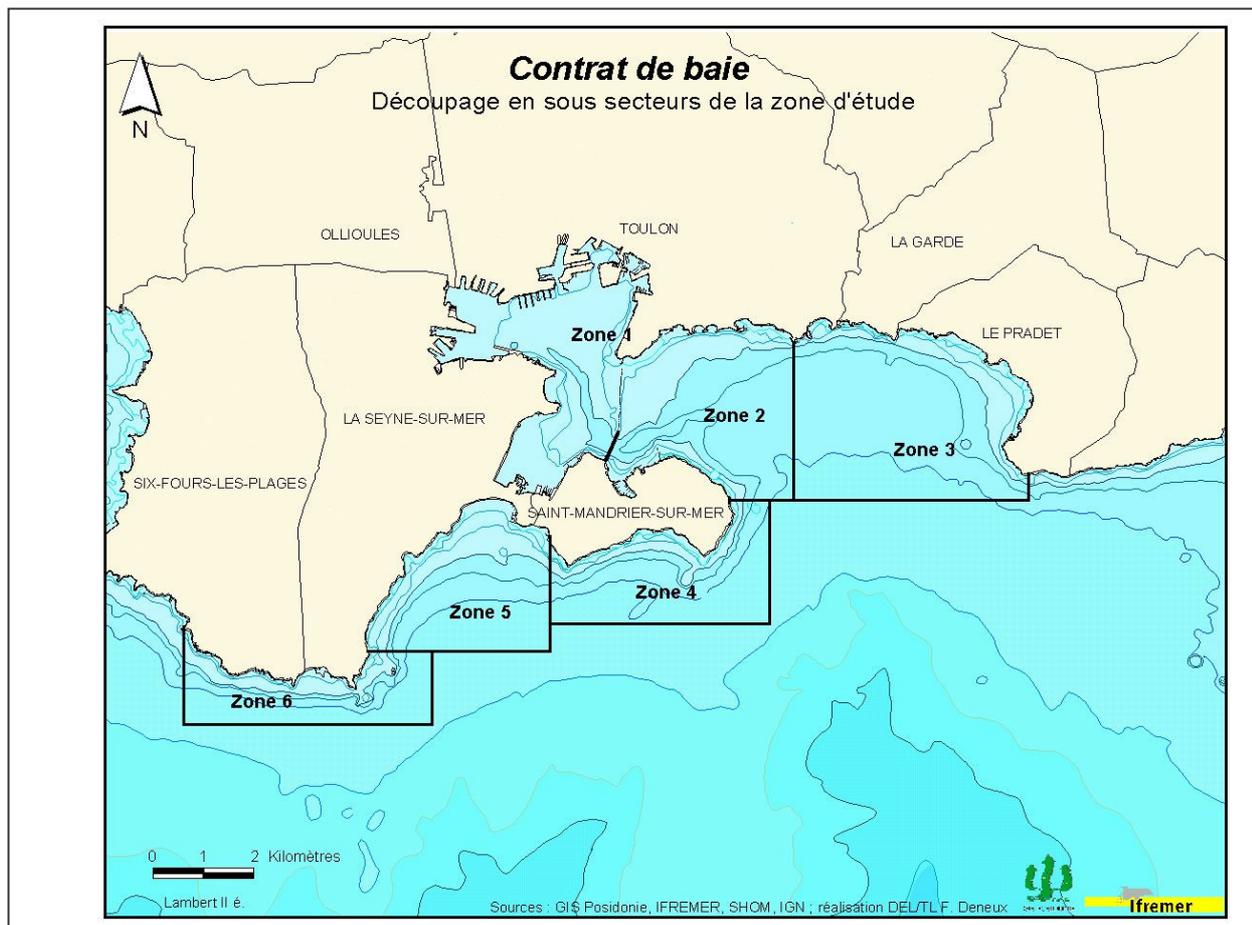
Afin de rendre plus fine et discriminante l'évaluation des compartiments biocénotiques, un découpage de l'espace en sous unités géographiques homogènes a été opéré. L'homogénéité a tenu compte de deux critères majeurs, à savoir :

- un critère physique, basé essentiellement sur la géomorphologie (type de côte) et l'hydrodynamisme local des masses d'eau (exposition aux courants et houles du large). Ces paramètres conditionnent directement la définition même des biocénoses en place,
- un critère biologique, dicté essentiellement par la présence d'écosystèmes particuliers tel que l'herbier de posidonie. Ce compartiment est globalement le plus représenté parmi les biocénoses en place à l'échelle de la zone d'étude. Il est considéré comme étant l'un des bioindicateurs les plus sensibles à long terme.

Sur la base du croisement de ces deux critères, 6 secteurs ont été identifiés dans les limites suivantes (carte 2) :

1. la petite rade et la baie du Lazaret,
2. de la Mitre au cap Brun,
3. de la baie de la Garonne au cap de Carqueiranne,
4. du cap Cepet à la pointe de Marégau,
5. l'anse des Sablettes
6. du cap Sicié à la pointe de l'Eperon.

Chacune de ces zones (sauf la petite rade) est limitée vers le large par l'enveloppe extérieure de la zone d'étude, soit approximativement la bathymétrie des 50 m.



Carte 2 : découpage de la zone d'étude en secteurs

Afin de conférer une continuité à la démarche générale entreprise depuis la constitution du dossier préalable, une correspondance a été établie entre ce découpage et celui qui a présidé à l'établissement du diagnostic (Tab. II).

Tableau II : correspondance entre le découpage réalisé dans le cadre de la présente étude et celui réalisé dans le cadre du dossier préalable.

N° de secteur	Secteurs de l'étude des biocénoses	Sous zones du dossier préalable
1	Petite rade et baie du Lazaret	Zone portuaire Baie du Lazaret
2	La Mitre au cap Brun	Saint Mandrier Le Mourillon
	Partie terrestre	L'Egoutier
3	Baie de la Garonne au cap de Carqueiranne	La Garde et Le Pradet
2 et 3	Parties marines	Grande Rade
4	Cap Cepet à la pointe de Marégau	Coudoulière et Cap Cepet
5	Anse des Sablettes	Les Sablettes et Fabrègas
6	Cap Sicié à la pointe de l'Eperon au	Cap Sicié

5.1.3 Information de synthèse

L'information de synthèse résultant des travaux de l'étude est appréhendée par secteur. Elle fait systématiquement l'objet d'un développement particulier (cf. § 5.2) résumé dans une fiche de synthèse spécifique. Un code commun d'expression de l'information est appliqué à chaque secteur afin de faciliter l'évaluation des éléments de sensibilité et de risque en vue de caractériser et de classer ainsi les différentes situations existantes.

5.1.3.1 Fiches de synthèse

L'information relative à chaque secteur est organisée sous forme de fiche de synthèse. Ces fiches, détaillées en annexe (annexe 3), résument pour chaque secteur :

- Le contexte général, au travers de sa situation politique, socio-économique et administrative en terme de réglementations en vigueur,
- Le contexte physique, précisant les caractéristiques géomorphologiques et hydrodynamiques du secteur,
- Le contexte biocénotique qui rappelle les caractéristiques des biocénoses en place, selon la classification issue des diverses investigations et reproduite dans la nomenclature cartographique,
- Le contexte de la qualité du milieu, exprimé par les résultats de réseaux de suivi du milieu existants (dans ses différents compartiments) ou d'indicateurs spécifiques, comme par exemple l'abondance de peuplements du médiolittoral.
- Une évaluation de la dynamique des biocénoses, par comparaison des états antérieur et actuel.

L'exemple type de fiche de synthèse est produit ci-après (Fig. 5). Des niveaux de valeurs sont fixés et codés pour certains descripteurs (ils figurent en italiques).

Fiche de synthèse de la zone	
Contexte général - Administration - Socio-économie - Réglementation	Communes concernées Activités et usages principaux Textes en vigueur et zonages associés
Contexte physique - Géomorphologie - Hydrodynamique	Type de côte (nature et relief) Niveau d'exposition aux courants dominants et houles du large (<i>modes très exposé, exposé, calme</i>)
Contexte biocénotique - Herbier de phanérogames - Caulerpes	Recouvrement (<i>fort et faible à moyen</i>) Présence de matte morte, de récif barrière, Dynamique (<i>régression, stabilité, progression</i>) et vitalité (<i>faible, moyenne, forte</i>) Présence d'herbier de Cymodocée et de Zostères Présence absence de l'une ou l'autre des deux espèces rencontrées Degré de colonisation Limite probable d'extension

- Petits fonds rocheux	Types, extension
- Les peuplements du coralligène profond	Présence / absence d'espèces les plus représentatives
- Inventaires faune et flore	Espèces d'intérêt patrimonial particulier
- Paysages sous marins	Sites particuliers tels que grottes (<i>intérêt paysager remarquable, moyen, médiocre</i>)
- Substrats	Types de fonds, selon la nomenclature retenue
Contexte qualité du milieu	
- Peuplements du médiolittoral : <i>Cystoseira, lithophyllum</i>	Classes d'abondances les plus représentées (<i>absence 0, faible 1-2, dense 3, forte 4-5</i>), présence de trottoirs
- Réseaux de surveillance	Institutionnels ou autres
Facteurs de risque et d'altération	Perturbations avérées (rejets, pollutions, aménagements, activités) directes ou indirectes
Evaluation dynamique état des biocénoses	
Etat antérieur	D'après la connaissance issue de la bibliographie
Etat actuel	Bilan établi d'après les résultats de la présente étude
Probabilité d'évolution	Evolution d'après la comparaison des états antérieur et actuel et de la prise en compte des facteurs de risque et d'altération

Figure 5 : modèle de fiche de synthèse

5.1.3.2 Classification des secteurs

L'évaluation de la sensibilité et du risque s'opère selon trois niveaux de valeurs, faible (+), moyen (++) et élevé (+++). Le type de rapport sensibilité/risque obtenu définit une situation donnée, pouvant osciller entre deux extrêmes :

- situation la moins préoccupante (vulnérabilité minimale) pour des zones à faible sensibilité et exposées à de faibles risques,
- situation la plus préoccupante (vulnérabilité maximale) pour des zones à forte sensibilité exposées à des risques forts.

Toutes les situations intermédiaires peuvent être rencontrées, selon les divers gradients de sensibilité et de risque atteints.

5.2 Résultats par secteur

5.2.1 Secteur n°1 : la petite rade et la baie du Lazaret

5.2.1.1 Contexte général

Ce secteur est bordé par les communes de Toulon dans sa partie Nord, de la Seyne-sur-mer dans sa partie Ouest et par celle de Saint Mandrier dans sa partie Sud.

La principale vocation de la petite rade est maritime et militaire. Le complexe portuaire de Toulon-la Seyne accueille une majorité de bateaux militaires, mais également du transport de fret (328 000 t en 1997 pour le port de commerce de Brégaillon), de passagers (services de navettes local : 1.1 millions de passagers attendus en 1999 ; et ferries : 129 000 passagers en 1997) et dispose d'appontements réservés aux plaisanciers (capacité de 1 300 anneaux) et pêcheurs professionnels. Le petit port privé de Pin Rolland, établi dans la partie Sud-Est de la baie du Lazaret offre environ 400 postes d'amarrage. Enfin, le port de Saint Mandrier sur mer (Creux St Georges) à une capacité d'environ 650 postes.

Le fort développement urbain ainsi que les nombreuses activités de type industrialo-portuaires impliquent des risques non négligeables de contamination du milieu via les apports diffus qu'ils provoquent inévitablement (hors réseaux d'assainissement).

Dans la petite rade l'activité de pêche reste anecdotique, la majeure partie de l'activité repose sur l'aquaculture et la mytiliculture en particulier, dans la baie du Lazaret. Dès la fin du 19^{ème} siècle une vingtaine de parcs se sont installés dont 5 dans la baie du Lazaret. La production, après avoir culminé à près de 1 400 tonnes dans les années 60, n'est plus maintenant que marginale avec une centaine de tonnes, pour 7 professionnels recensés. Dès sa création, la mytiliculture en rade de Toulon (aujourd'hui limitée à la baie du Lazaret) s'est trouvée confrontée au problème de qualité sanitaire des eaux (catégorie C depuis 1996, passée en catégorie B depuis 1998. Reclassement en cours) dont on peut cependant penser qu'il trouvera une solution dans le cadre du contrat de baie.

La baie du Lazaret comprend la zone ZNIEFF 83M12 (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique), qui s'étend de la surface à 10 m de profondeur. Cette classification porte essentiellement sur la présence d'herbiers de *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* et *Zostera noltii*, phanérogames marines protégées (arrêtés du 19 juillet 1988 et 9 mai 1994). L'extension géographique et la caractérisation des ZNIEFF sont en cours de révision pour le département du Var. Au plan de la réglementation, les plans d'eau sont soumis à des règles strictes d'usages comme la navigation, du fait de la présence de nombreuses zones militaires interdites (darses nord, ponton pétrolier en baie du Lazaret).

5.2.1.2 contexte physique

La morphologie littorale de la baie du Lazaret et de la petite rade est étroitement liée aux activités littorales (Verlaque, 1979). Les aires naturelles sont très restreintes et concernent surtout la partie Sud-Ouest, dans la baie du Lazaret. Les aménagements : digues, quais, darses, enrochements, remblais sont nombreux ; la petite rade est intégralement artificialisée (990 ha d'aménagements occupant 16 km de linéaire côtier ; 47 ha d'aménagements sur 4.5 km de linéaire de côte dans la baie du Lazaret (d'après Meinesz *et al.*, 1990).

Les sédiments de la rade abri (petite rade et baie du Lazaret) sont, en grande partie, vaseux ou envasés. La morphologie sous-marine a été modelée par la circulation fluviale ancienne (dernière régression Würmienne), dont les principales veines (arrivées d'eau de la Seyne, de

Toulon et du Lazaret) serpentaient entre des roches résistantes. Entre ces éléments et la côte on note : (i) un plateau de pente douce (jusqu'à 13 m de profondeur) devant Toulon, (ii) un dôme de sédiment formant barrage entre le Mourillon et St-Mandrier, le banc de l'âne qui servira de support à la grande jetée (construite entre 1878 et 1881), (iii) une zone plate et peu profonde, la baie du Lazaret (Jeudy de Grissac & Tiné, 1980).

La rade abri forme une entité relativement protégée des vents dominants Nord Nord-Ouest (régime de Mistral) et Est Sud-Est, par la côte qui l'entoure et la grande jetée. En raison de sa configuration, elle présente dans certains secteurs une nette tendance au milieu lagunaire, avec un hydrodynamisme très faible voire absent, la turbidité quasi chronique des eaux est également une de ses caractéristiques (Verlaque, 1979). La transparence des eaux s'améliore lorsque l'on se dirige vers les passes et que l'hydrodynamisme est plus élevé.

5.2.1.3 Contexte biocénotique

5.2.1.3.1 Les herbiers de phanérogames

Dans les zones peu profondes l'évaporation, d'une part, et les apports d'eau douce (précipitations, ruissellement, cours d'eau) d'autre part, induisent des variations de température et de salinité d'amplitudes bien supérieures à celles observées en mer ouverte (Verlaque & Tiné, 1979).

La présence de matte morte d'herbiers à *Posidonia oceanica* dans l'ensemble de la rade abri, petite rade et baie du Lazaret, constitue le dernier témoignage de l'existence de grands herbiers de posidonie, qui auraient disparu à une époque indéterminée. Les îlots témoins vivants de posidonie, signalés jusqu'en 1979 (Verlaque) n'ont pas été retrouvés lors de la présente étude. On peut donc conclure à la disparition totale des herbiers de posidonie dans la rade abri. De la même façon, les zones de matte morte signalés jusqu'en 1980 (Jeudy de Grissac & Tiné) n'ont pas été retrouvées dans la petite rade (les fonds sont régulièrement remaniés par les dragages ce qui conduit à la dégradation des mattes).

Tous les auteurs s'accordent sur l'existence d'un front de posidonie de type "récif barrière" qui déterminait autrefois une biocénose lagunaire de sable vaseux de mode calme, en arrière. Les herbiers mixtes de *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* et *Zostera noltii* subsistant dans le fond de la baie du Lazaret, entre la sub surface et 1 à 1.5 m de profondeur, en sont les derniers vestiges. Ces phanérogames sont protégées par la loi au même titre que *Posidonia oceanica* (arrêté du 19 juillet 1988 et du 9 mai 1994). Des peuplements denses de *Z. noltii* étaient signalés au droit de Balaguier par Verlaque & Tiné (1979), ils n'ont pas été retrouvés lors de la présente étude.

L'espèce *Cymodocea nodosa*, essentiellement méditerranéenne, est par sa fréquence et l'étendue de ses peuplements, la deuxième espèce de phanérogame marine de Méditerranée (Molinier & Picard, 1952). Cette espèce forme des herbiers, de préférence en mode calme, et supporte mieux que *Posidonia oceanica* de légères dessalures : les herbiers les plus vastes sont localisés dans des lagunes littorales. Après leurs mort les rhizomes sont décomposés beaucoup plus rapidement que ceux de *P. oceanica*, de telle sorte qu'il n'y a pas édification d'une véritable matte (Boudouresque *et al.*, 1994). Parfois des plaques de lacis de rhizomes en cours d'érosion sont toutefois visibles, surélevées par rapport au substrat. Ces lacis de rhizomes sont particulièrement fréquent dans le fond de baie du Lazaret, de 1.5 m de profondeur jusqu'aux enrochement de la côte.

Les colonies de *Zostera marina* sont très localisées et ponctuelles dans la baie du Lazaret. Cette espèce ne constitue des herbiers étendus que dans les étangs saumâtres littoraux : Salse, Thau, Diana en Corse (Mercier 1973, Sudry, 1910, Goubin Loques, 1991 in Boudouresque *et al.*, 1994). En mer ouverte un des rares herbiers importants se situe dans le golfe de Fos. Les études concernant *Zostera marina* en Méditerranée sont rares. D'une façon générale, la faune et la flore associée aux herbiers de *Z. marina* sont plus pauvres que celles des herbiers de posidonie. Les herbiers de Zostères sont moins denses et moins réguliers, en outre il n'y a pas d'édification de matte.

5.2.1.3.2 colonisation des algues tropicales *C. taxifolia* et *C. racemosa*

Cette espèce introduite est actuellement présente en deux sites de ce secteur. Une première station de *C. taxifolia* de 1 000 m², déjà relevée et cartographiée en 2000 (Meinesz *et al.*, 2001) a été retrouvée. Une nouvelle station a été identifiée à proximité de la première et dans les parages immédiats des parcs à moules, dans le cadre de l'étude diagnostic (Ifremer Toulon / laboratoire côtier), avec une surface couverte relevée de l'ordre de 2 000 m².

5.2.1.3.3 les petits fonds rocheux

Le linéaire côtier de la petite rade et de la baie du Lazaret présente quelques particularités. Les substrats durs de la rade abri, limités au liseré de côte, ont souvent fait l'objet de restructurations. Ce sont essentiellement des aménagements portuaires (quais, jetées) ou des aménagements urbains (remblais, route côtière). Parmi les substrats durs, on peut également citer les infrastructures des parcs à moules (pieux, cordes,...) et les épaves en tout genre qui parsèment le fond ; toutes offrent un support possible à la végétation algale photophile (Verlaque, 1979). Les peuplements algaux restent toutefois relativement pauvres au niveau spécifique. Quant à la faune habituelle des petits fonds rocheux, elle est également restreinte : dans les enrochements de la baie du Lazaret, les poissons présentent une densité de peuplement très faible et les petites classes de taille dominante du fait de la forte pression de pêche à la ligne depuis le bord. Les fonds situés sous les parcs à moules n'ont pas fait l'objet de prospections spécifiques. Il est à noter toutefois que ce genre d'installation peut attirer de nombreux poissons, les sparidés en particulier.

5.2.1.3.4 substrats observés dans la petite rade et la baie du Lazaret

La biocénose des Sables Vaseux de Mode calme domine dans l'ensemble de la rade abri. Jedy de Grissac & Tiné (1980) décrivent également un chenal central orienté SSE – NNW (Tab. III), allant de la grande jetée aux appontements de Milhau, référent à la biocénose des Sables Fins Bien Calibrés. La vase portuaire est présente en fond de ports et en fond de darses, dans la petite rade et dans le port de St Mandrier.

Tableau III : types de substrats observés dans la petite rade et la baie du Lazaret.

Types de substrat	Faiblement représenté	Surface comprise entre 30 et 50%	Dominant
SVMC			
Vase Portuaire			

5.2.1.4 Contexte qualité du milieu

5.2.1.4.1 peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

Trois observations ponctuelles des peuplements du médiolittoral ont été effectués au niveau de la pointe de Balaguier et sur la pointe de l'Eguillette, ainsi que le long des enrochements artificiels de la route côtière des Tamaris. Seule *Corallina elongata* a été observée en faible densité sur les enrochement des Tamaris ; les Ulves et les Entéromorphes sont présente en densité faible sur les pointes rocheuses au pied des forts de Balaguier et l'Eguillette.

Verlaque (1979) signalait déjà la faible abondance de la biocénose des algues photophiles de l'infralittoral de mode battu. Un hydrodynamisme insuffisant et surtout une pollution trop intense interdisent le développement de *Cystoseira amentacea* var. *stricta*.

5.2.1.4.2 Les réseaux de surveillance

Ce secteur n°1 est une zone particulièrement surveillée pour les activités qui y sont développées et, notamment, la baie du Lazaret du fait de la présence de cultures marines. Dans la petite rade, existent une station OPERA (IPSN / radioéléments) et une station REPOM (CQEL 83/ qualité milieu portuaire). En baie du Lazaret, en tant que zone de production, l'Ifremer y opère sur une station ses trois réseaux de suivi de la qualité du milieu, en l'occurrence, le RNO (paramètres chimiques), le REMI (paramètres bactériologiques) et le REPHY (paramètres phytoplanctoniques). Les paramètres chimiques et bactériologiques sont suivis de manière fréquente sur la matière vivante (moules). En complément, les paramètres chimiques sont suivis dans le sédiment, mais selon un pas de temps plus important de plusieurs années. A noter aussi, la présence d'une station RINBIO (Agence de l'Eau RMC-Ifremer / 2000) à proximité de la pointe de l'Espiguette. En outre, les quelques plages fréquentées dans ce secteur font l'objet d'un suivi bactériologique par la DDASS.

Les niveaux de qualité du milieu mesurés au travers de ces suivis indiquent une situation pré-occupante qui peut expliquer la relative pauvreté des biocénoses en place. L'étude diagnostic (Ifremer Toulon, Laboratoire côtier), actuellement menée dans le cadre du contrat de baie, est destinée à mieux comprendre cette situation par des investigations plus fines du point de vue des apports et des analyses au niveau bactériologique.

5.2.1.5 Evolution des biocénoses

Depuis la fin des années 1980, les derniers îlots reliques de *Posidonia oceanica* ont disparues. Seules subsistent des zones de matte morte, présentant un fort relief, qui s'étendent jusqu'au centre de la baie du Lazaret. Les zones de matte signalées dans la petite rade n'ont pas été retrouvées ; les fonds de la petite rade subissent de fréquents remaniements à l'occasion des dragages de chenaux, ce qui peut entraîner le délitement des mattes.

Les herbiers de Cymodocées et de Zostères restent présents dans le fond de baie du Lazaret. Ces peuplements semblent donc se maintenir, toutefois leur extension n'a pu être évaluée de façon précise en raison de leur faible développement saisonnier lors des investigations pour la présente étude.

L'algue introduite *Caulerpa taxifolia* est signalée dans la baie du Lazaret, avec une nouvelle colonie à proximité des parcs à moules. Tous les facteurs semblent réunis pour que son extension se poursuive dans l'ensemble de la petite rade (substrat sablo-vaseux, faible hydrodynamisme, nombreux facteurs de dissémination d'origine anthropique).

5.2.2 Secteur n°2 : rade des Vignettes, de la Mitre au cap Brun, B.A.N. et pointe des Petits Frères

5.2.2.1 Contexte général

Ce secteur est bordé par les communes de Toulon au Nord et de Saint Mandrier au Sud. La vocation urbaine, industrielle et militaire de la Ville de Toulon a nécessité la création de nombreux aménagements côtiers. Dans la rade des Vignettes, la mise en valeur du littoral du Mourillon, initiée en 1964, a abouti à la mise en place de 41 ha d'aménagements, dont 22 ha gagnés directement sur l'herbier de posidonie (Astier, 1984). Sur la face Nord de la presqu'île de St Mandrier, le port de plaisance et les terre pleins de la Base Aéronautique Navale représentent près de 31 ha d'aménagements côtiers. Le port de plaisance du fort St-Louis à une capacité de 293 anneaux, dont une dizaine sont occupés par des embarcations de pêche (CETIIS-IFREMER-GIS POSIDONIE, 1998). Cette partie de la grande rade de Toulon est donc soumise à une intense activité anthropique : transport maritime, activité portuaire, activité militaire. Ces activités, portuaires notamment, peuvent représenter des sources potentielles de pollution (les effluents urbains étant collectés et traités en station d'épuration). La pêche aux petits métiers (arts traïnants essentiellement) ainsi que la plaisance sont également pratiquées.

En terme de réglementation particulière, la frange littorale au droit de la Base Aéronavale (B.A.N.) et du port abri du Canier sont des zones militaires à accès réglementé. Par ailleurs, la ZNIEFF 83M11 couvre la partie Nord de la rade des Vignettes à partir de la pointe de Pipady.

5.2.2.2 Contexte physique

Le littoral de la grande rade de Toulon est essentiellement rocheux, marqué par endroits de falaises escarpées (cap Brun et pointe des Petits Frères). On distingue, toutefois, entre la Mitre et le cap Brun, les enrochements et les plages artificielles du Mourillon, ainsi que les aménagements de la B.A.N., sur la côte Nord de la presqu'île de St Mandrier.

La pente des fonds est relativement uniforme et douce jusqu'à l'isobathe 50 m, elle se resserre sur la côte Nord de la presqu'île de Saint-Mandrier.

La grande rade de Toulon apparaît comme une zone de transition, en ce qui concerne les conditions océanographiques. Elle est soumise alternativement aux deux régimes de vents dominants : les vents de secteur Ouest - Nord Ouest (Mistral), issus de la vallée du Rhône, et les vents de secteur Est – Nord Est, liés aux basses pressions du golfe de Gêne. L'influence du régime d'Ouest dans la rade des Vignettes est limitée par la présence de reliefs littoraux au Nord et Nord Ouest, et par la protection de la grande jetée. En revanche, l'action du régime d'Est est beaucoup plus marquée. Le déplacement des masses d'eaux qui s'effectue d'Est en Ouest tend à tourner vers le Sud parallèlement à la grande jetée, pour se diriger ensuite vers Saint-Mandrier et ressortir d'Ouest en Est (Jeudy de Grissac, 1979).

5.2.2.3 Contexte biocénotique

5.2.2.3.1 Les herbiers de phanérogames

L'herbier de Posidonie est présent sur l'ensemble de la Rade des Vignettes et occupe la majorité des fonds depuis la surface jusqu'à une vingtaine de mètres de profondeur. La macrostructure de cet herbier est complexe et variée : herbier de colline (présentant un fort relief), nom-

breuses intermattes et zones de sable, tombants érosifs de matre, etc. Elle reflète vraisemblablement les conditions d'un hydrodynamisme important, qui engendre des phénomènes d'intenses érosions sous-marines et des remaniements sédimentaires localement importants (Charbonnel *et al.*, 1996).

L'herbier de ce secteur a surtout connu une importante régression à la suite de la mise en place des plages artificielles du Mourillon ; selon Astier *et al.* (1983) 236 ha d'herbier à *P. oceanica* auraient été détruits par les impacts direct (ensevelissement, sédimentation des argiles) et indirect (forte augmentation de turbidité) de ces ouvrages sur les fonds marins.

En limite supérieure, de la Mitre au port St Louis, l'herbier se présente sous l'aspect d'une multitude de petits îlots et taches sur la matre ainsi qu'en placage sur la roche, puis il devient sub-continu et forme un plateau à faible profondeur (-2m). L'herbier affleure parfois en surface et forme localement un récif frangeant. Dans ce secteur côtier, l'herbier montre un relief tourmenté marqué par l'hydrodynamisme. Il présente globalement une bonne vitalité avec de nombreux rhizomes plagiotropes, à croissance horizontale, qui traduisent une tendance à la recolonisation en bordure des intermattes.

L'herbier est également présent au droit des aménagements du Mourillon. Localement, des zones de matre morte, au pied des enrochements, matérialisent la régression de l'herbier. L'herbier se développe ensuite de manière quasiment continue vers le large, en alternance avec de grandes étendues de sable et d'intermattes, conséquences de l'érosion de l'herbier par l'hydrodynamisme.

A l'intérieur même de la quatrième anse du Mourillon (anse du Levant), on observe une formation originale d'herbier de posidonie : le récif barrière, forme particulière d'herbier qui se développe dans le fond des baies de mode calme, à très faible profondeur. Le front du récif culmine ici à 40 cm de profondeur. En amont du récif, près de la plage, une zone de matre morte d'une dizaine de mètres de large est recouverte de sédiment envasé. La majeure partie de ce récif ayant été détruite lors des endigages, aussi conviendrait-il de préserver absolument la formation relique existante.

La limite inférieure continue de l'herbier est située à faible profondeur dans le secteur du port Saint-Louis (-10 à -14 m). Elle atteint 20-22 m en direction du Cap Brun. La limite inférieure montre de nombreuses invaginations de ses contours et un degré de morcellement très important. En aval de la limite continue, on trouve encore une succession d'îlots de posidonies, sur de la matre morte. Ils montrent une vitalité très réduite (faisceaux de feuilles envasés, rhizomes majoritairement orthotropes, à croissance verticale). La dynamique générale de l'herbier semble rester à un niveau minimal, apte seulement à assurer la pérennité des faisceaux en place, à l'exclusion de toute tentative de recolonisation du substrat (Charbonnel *et al.*, 1996). Au delà des limites de l'herbier, les fonds sont occupés par de vastes étendues de mattes mortes, jusqu'à 20 à 30 m de profondeur. Elles matérialisent la régression très importante subie par l'herbier de Posidonie.

L'herbier de posidonie est présent au droit de la B.A.N., il s'étend jusqu'à la pointe des Petits Frères, de 2-3 m à 10 m de profondeur, sans dépasser 5-6 m au droit de la pointe des Petits Frères. L'herbier forme une tache principale de 500 m sur 300 m dans sa largeur maximum, entourée de plusieurs autres taches de dimensions plus réduites. La vitalité de l'herbier au niveau de ces taches semble bonne d'une manière générale, le recouvrement est important (60-70 %) au centre de la tache principale. L'herbier reste toutefois peu développé par rapport à l'ensemble du secteur. En limite supérieure les posidonies sont en placage sur la roche (petits éboulis et blocs), parfois au pied des enrochements des terre pleins. La limite inférieure est

peu profonde (une dizaine de mètres au maximum), à ce niveau l'herbier est morcelé et présente les traces d'un important épisode régressif.

5.2.2.3.2 colonisation des algues tropicales *C. taxifolia* et *C. racemosa*

L'algue tropicale introduite *Caulerpa taxifolia*, a été signalée pour la première fois en 1990 dans l'anse Méjean, avec une colonie principale de 8 m² et une dizaine de petites colonies satellites. D'après la configuration de cette signalisation, la date d'introduction est estimée à 1989. Les signalisations se succèdent alors, concernant de nouvelles petites colonies, jusqu'en 1996 où une première campagne de vidéo tractée (CALIFA 1996, IFREMER) met en évidence une très large répartition de l'algue, plus d'une centaine de colonies et une "surface concernée" de 130 ha pour 2 km de linéaire de côte⁶ (Meinesz *et al.*, 2001).

En septembre 2000, la campagne CALIFA 2000 (IFREMER) permet d'évaluer la surface de la zone "concernée" à 484.2 ha, pour 13.6 km de linéaire de côte atteinte. *Caulerpa taxifolia* est présente de la grande jetée jusqu'à la plage de Monaco, ainsi qu'au niveau de la B.A.N. jusqu'à la pointe des Petits Frères, donc sur l'ensemble du secteur. Elle s'étend de la surface (50 cm) à 35 m de profondeur sur tous types de substrats : roche, sable fin, vase, détritique côtier, on la trouve également au cœur de l'herbier de posidonie.

Caulerpa racemosa est une espèce pan-tropicale largement distribuée en Mer Rouge. En Méditerranée, la première signalisation date des années 1920 dans le port de Sousse Tunisie (Hamel, 1926). En France elle a été observée à Marseille en 1997 (Verlaque, 2000). La fréquence des découvertes récentes en France et en Italie, leurs distance par rapport aux colonies de Méditerranée orientale (Liban, Egypte, Syrie, Israël, Turquie) semblent indiquer une phase d'expansion rapide de l'aire de répartition de l'espèce en Méditerranée.

L'hypothèse de l'introduction de *Caulerpa racemosa* par le biais du canal de Suez (migration lessepsienne) est généralement adoptée par une large communauté de scientifiques. En Méditerranée, les migrants lessepsiens représentent le plus important contingent d'espèces introduites ; en ce qui concerne les macrophytes marins, Verlaque (1994) estimait à 34 le nombre d'espèces lessepsiennes.

Les colonies de *Caulerpa racemosa* ont été observées lors de la campagne de cartographie de *C. taxifolia* CALIFA 2000 ; il s'agit de la première signalisation dans la grande rade. L'amplitude de son extension (près de 400 ha) laisse toutefois penser à une implantation antérieure. Entre la grande jetée et la plage de Monaco, ainsi qu'au niveau de la B.A.N., *C. racemosa* présente une très importante densité de surface. Son implantation est comprise entre 10-12 m de profondeur à 35 m. Les stolons forment un maillage dense en réseau, similaire à celui d'un filet à petite maille, (avec très peu de frondes), en particulier sur les substrats sableux et le détritico côtier. Les intermattes d'herbier morcelé sont également colonisées. En revanche, *C. racemosa* n'a pas été observée au cœur de l'herbier dense.

5.2.2.3.3 les petits fonds rocheux

Le linéaire allant de la B.A.N. à la pointe des Petits Frères est caractérisé par une côte rocheuse entrecoupée de nombreux aménagements artificiels. Entre la pointe du Canier et les

⁶ Se référer à : rapport Ifremer 1996 et site INTERNET : www.ifremer.fr/delec/bb/caulerpe.htm et base de données incrémentée dans le cadre de l'Observatoire sur l'Expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée (LEML-UNSA / Région PACA / Agence de l'eau RMC / DIREN – MATE) : www.Caulerpa.org

terre pleins de la B.A.N., la côte rocheuse naturelle se prolonge au niveau de l'eau par une zone d'éboulis et de blocs rocheux de tailles variées, issus de l'érosion. Les blocs sont posés sur un substrat sablo-vaseux, l'herbier de posidonie remonte parfois en placage sur la roche mais reste morcelé et relativement peu développé. Les enrochements des terre pleins de la B.A.N. n'ont pu être prospectés. Ce type de milieu formant des cavités et des petites failles peut être propice à l'installation de peuplements de diverses espèces de poissons (Ruitton, 2000).

Le linéaire nord de la rade des Vignettes, de la Mitre au Cap Brun présente une succession d'aménagements artificiels, de falaises et de plages. 50% de la côte rocheuse comprise entre la pointe de Pipady et la cap Brun a été artificialisée (du port St-Louis à la quatrième anse du Mourillon). Au droit des portions de côte restées "naturelles" on retrouve, à faible profondeur, un paysage de blocs posés sur un substrat sableux, recouverts d'un tapis d'algues photophiles et colonisés par des langues d'herbier en placage. Les peuplements de poissons qui peuvent être relativement développés dans les petits fonds rocheux, ainsi que dans les enrochements artificiels restent pauvres (J. Guillaume, comm. pers.), on peut y voir l'impact d'une importante pression de pêche à la ligne et de pêche sous-marine (obs. pers.).

5.2.2.3.4 substrats observés dans rade des Vignettes et de la B.A.N. à la pointe des Petits Frères

Dans la rade des Vignettes, le détritique côtier constitue le substrat dominant en terme de surface (Tab. IV).

Tableau IV : types de substrats rencontrés dans la rade des Vignettes, de la surface à 50 m de profondeur

Types de substrat	Faiblement représenté	Surface comprise entre 30 et 50%	Dominant
Fonds rocheux à biocénoses photophiles			
Sable fin			
Détritique côtier			

5.2.2.4 Contexte qualité du milieu

5.2.2.4.1 peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

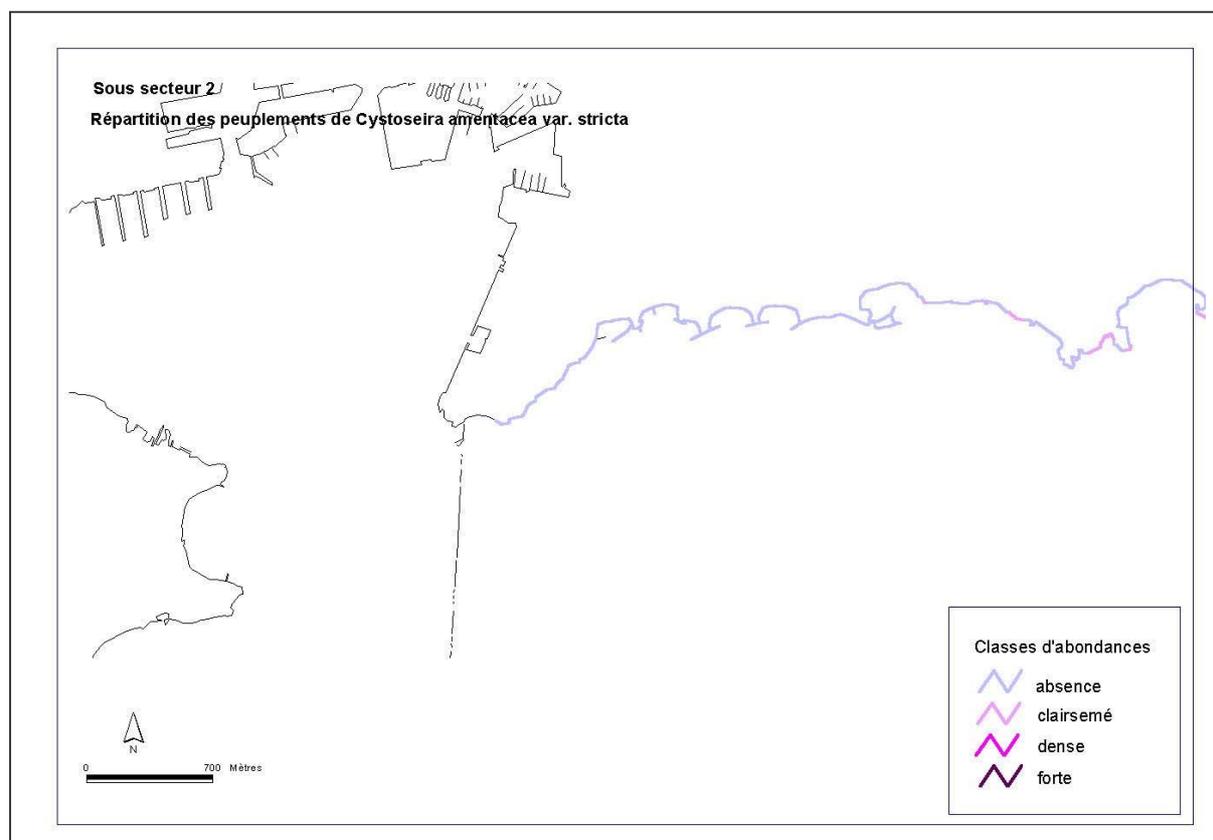
L'abondance des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral a été estimée le long du linéaire côtier du secteur (Tab. V). Le regroupement de certaines classes d'abondance entre elles permet de déterminer quatre grandes catégories de densité linéaire : absence, peuplements clairsemés (classes 1 et 2), densité linéaire moyenne (classe 3), densité linéaire forte (classes 4 et 5). Pour la partie méthodologique de l'échantillonnage appliqué pour ces peuplements, se référer au document technique correspondant⁷.

⁷ Rapport méthodologique (chapitre VII) concernant l'évaluation des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral dans la grande rade de Toulon. SIAT-IFREMER-GIS POSIDONIE,

Tableau V : nombre d'entités linéaires de 50 m par classe d'abondance (de 0 à 5) et densités linéaires en pourcentage sur l'ensemble du secteur pour chaque espèce ou groupe d'espèces échantillonnés (*Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; *Lithophyllum byssoides* de types I et II ; *Corallina elongata* ; *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp.)

Classes d'abondance	Cystoseire	Lithophyllum I	Lithophyllum II	Coralline	Ulves Entéromorphes
0	18	23	27	7	26
1	8	3	0	0	0
2	1	0	0	4	1
3	0	0	0	3	0
4	0	1	0	4	0
5	0	0	0	9	0

Densité linéaire (%)	Cystoseire	Lithophyllum I	Lithophyllum II	Coralline	Ulves Entéromorphes
Absence (0)	67	85	100	26	96
Clairsemée (1-2)	33	11	0	15	4
Moyenne (3)	0	0	0	11	0
Forte (4-5)	0	4	0	48	0



Carte 3 : répartition des classes d'abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* sur le secteur 2

Seule la partie Est de la rade des Vignettes, à partir de la quatrième anse du Mourillon présente des peuplements de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* et de *Lithophyllum byssoides*, ce sont essentiellement des peuplements clairsemés (Tab. V), seule une entité présente des peuplements de densité linéaire moyenne, sur la pointe Ouest du cap Brun.

Cystoseira amentacea var. *stricta* est observée de façon très ponctuelle (pieds isolés) sur la face externe de la grande jetée. Elle est également présente en densité faible (peuplements clairsemés) à moyenne sur la pointe du Canier, la pointe du Puits et la pointe des Petits Frères (observations ponctuelles sur des entités isolées du linéaire de côte).

Verlaque (1979) signalait déjà des peuplements de *Cystoseira stricta* (= *C. amentacea* var. *stricta*) le long de la face externe de la grande jetée, peuplements qui s'interrompaient systématiquement lorsque des interstices entre les blocs permettaient la communication avec la rade abri (forte sensibilité de ces *Cystoseires* face à la pollution de la rade abri).

Les corallines, *Corallina elongata*, présentent des peuplements moyens à denses (densités linéaires fortes) sur la plus grande partie du littoral rocheux à l'Est du Mourillon, tandis que les algues nitrophiles du genre *Ulva* et *Enteromorpha* sont observées, à proximité du port St Louis.

5.2.2.4.2 Les réseaux de surveillance

Ce secteur est caractérisé par la présence d'une station de suivi du sédiment (RNO sédiment) ainsi que d'une station RINBIO (1998 et 2000). La DDASS assure un suivi bactériologique sur les plages du Mourillon ainsi qu'au débouché Ouest du port de St. Mandrier.

5.2.2.5 Evolution des biocénoses

L'herbier de posidonie de la rade des Vignettes a subi un épisode régressif de très forte amplitude dans le courant des années 1970 et 1980. Avant les endigages, les fonds étaient occupés par un herbier de posidonie, formant à proximité du rivage un récif barrière, et qui s'étendait vers le large à plus de 30 m de profondeur (Nodot *et al.*, 1978). Il a même été fait mention de posidonies à 37 m de profondeur dans la grande rade (Astier, 1972). Nodot *et al.* (1978) considèrent différents agents de cette régression : (i) l'augmentation des rejets en mer, liée à l'industrialisation et l'urbanisation de la région, et donc une augmentation des matières en suspension et de la turbidité ; (ii) les opérations de remblaiement des plages du Mourillon, accompagnées d'un accroissement considérable de la turbidité et d'un ennoyage des herbiers (lors des fortes périodes de houle) ; (iii) la présence de substances nocives (détergents, goujons, peintures) dans les matériaux de remblai et dans les eaux de la rivière Eygouttier.

Entre le creux St Georges et le cap Cepet, les herbiers ne subsistaient déjà, en 1979, qu'à l'état de vestiges ; surfaces importantes de matre morte parsemées d'îlots d'herbiers vivants à faible profondeur. A la pointe des Petits Frères, l'herbier ne dépassait pas 5-6 m de profondeur (Verlaque, 1979). Les causes de cette raréfaction sont imprécises. Cependant, ce secteur à long-temps été utilisé comme zone de décharge de déchets divers provenant de l'agglomération de Toulon La Seyne.

L'observation de l'herbier en rade des Vignettes montre bien que l'augmentation de la turbidité entraîne une diminution de la profondeur de compensation et, par conséquent, d'une remontée de la limite inférieure de l'herbier. Alors que les actions humaines ne concernent qu'une étroite frange côtière, l'intensité de l'impact augmente avec la profondeur et l'herbier régresse à partir de sa limite inférieure (Verlaque, 1979).

Depuis 1978, la comparaison des cartes établies par Charbonnel *et al.* (1996) avec celles de Nodot *et al.* (1978) et Astier (1984) montrent que l'herbier et ses limites sont relativement stables, en particulier dans la rade des Vignettes (Charbonnel *et al.*, 1996). Toutefois, au droit du cap Brun, l'herbier de posidonie aurait subi une forte régression au niveau de sa limite inférieure. Astier (1984) la situait jusqu'à 32 m, tandis qu'elle a été observée à 20-22 m de profondeur en 1996.

La limite inférieure de l'herbier de posidonie a été suivie de façon très précise par plongée (Charbonnel *et al.*, 1996). La comparaison avec les relevés sonar de la campagne 2000, montre une très forte similitude. Il semble donc que l'extension de l'herbier en limite inférieure soit stabilisée depuis les cinq dernières années dans la rade des Vignettes. Toutefois, à l'échelle de la représentation cartographique (1: 10 000) seules des variations de forte amplitudes peuvent être visualisées.

En limite supérieure, Charbonnel *et al.* (1996) en comparant les données de 1978, notaient déjà une certaine stabilité de l'herbier le long de la côte rocheuse de la rade des Vignettes. Les relevés effectués à partir des photographies aériennes de 1998 utilisées dans la présente étude semblent également indiquer une tendance à la stabilité de la limite supérieure. Un suivi localisé, *in situ*, pourrait la confirmer plus précisément (voir plus loin chapitre consacré aux propositions de mesures).

L'algue introduite *Caulerpa taxifolia* a été découverte en 1990 dans l'anse Méjean. Elle n'occupait alors que 9 m². La surface concernée est estimée actuellement à 484 ha (CALIFA 2000). L'hypothèse de sa progression sur l'ensemble des substrats disponibles semble tout à fait réaliste au vu de sa distribution actuelle dans la grande rade.

L'implantation de *Caulerpa racemosa* s'est largement confirmée en quelques années. Sa date d'introduction exacte est à déterminer. Elle affecte actuellement une superficie de près de 400 ha dans la grande rade. La question de sa nocivité vis à vis des espèces indigènes est toujours posée. Plusieurs facteurs sont à prendre en considération :

- Plusieurs des caractéristiques de cette espèce (valence écologique, compétitivité élevée, facilité de dissémination, absence de prédateur) en font une espèce potentiellement dangereuse ;
- les observations récentes en Turquie (Evirgen, 1997), et dans la grande rade de Toulon montrent que l'espèce tend à établir des peuplements continus et denses.
- le succès des migrants de Mer Rouge est généralement important. Les espèces lessepsiennes ne restent pas des espèces occasionnelles et développent de grandes populations souvent stables et denses (Por, 1978 ; 1990) ;

5.2.3 Secteur n°3 : baie de la Garonne au cap de Carqueiranne

5.2.3.1 Contexte général

Ce secteur est bordé par les communes de Toulon au Nord, de la Garde et du Pradet au Sud. Le port des Oursinières est le seul abri du secteur. Il est protégé à l'Ouest par une jetée et comporte trois bassins pour une capacité d'environ 230 anneaux, dont une dizaine sont occupés par des embarcations de pêche. Le secteur du cap Brun au cap de Carqueiranne est soumis à une importante pression de pêche : filets et arts traînants, pêche à l'oursin (en apnée) avec des rendements estimés entre 60 et 80 douzaines par jour. La plaisance et la pêche amateur sont également des activités largement pratiquées.

Les activités balnéaires concernent de nombreuses plages et plaquettes du secteur : plages de Pin de Galle, de Monaco, de la Garonne, des Oursinières, etc.

Dans ce secteur, l'émissaire urbain de Ste Marguerite (carte 1) rejette en mer, à près de 50 m de profondeur, les effluents de la station d'épuration de Pouverel. Celle-ci collecte les quartiers de Toulon Est et les communes de la Valette, de la Garde et du Pradet. Sa capacité est de l'ordre de 100 000 équivalents-habitants, avec un débit moyen horaire de 790 m³/h. Cette station fonctionne actuellement au maximum de sa capacité. Elle est affectée par une forte influence des eaux pluviales qui nécessitent sa régulation par une vingtaine de surverses (bypass) vers le milieu naturel. Il existe en particulier une surverse des effluents en amont de la station vers la rivière de l'Eygoutier.

5.2.3.2 contexte physique

Du cap Brun à la pointe de Carqueiranne, le littoral, essentiellement rocheux, est relativement préservé. Il existe quelques plages de surface restreinte : anses Méjean et Magaud au Nord, Monaco, Garonne et Oursinières à l'Est. Seules les plages de la Garonne ont fait l'objet d'aménagements légers (épis de protection). Le port abri des Oursinières, dont la digue extérieure prend appui sur le socle rocheux du cap de Carqueiranne est le seul port du secteur.

La côte du cap Brun au cap de Carqueiranne est assez fortement exposée aux houles d'Ouest (régime de Mistral) et d'Est Sud-Est. Des rejets issus de l'Ouest, du cap Brun à l'Eygoutier, progressent en direction de la Garonne, en relation avec l'urbanisation croissante de la région Est Toulonnaise (Blanc & Jeudy de Grissac, 1978).

Du cap Brun au cap de Carqueiranne, la pente des fonds est relativement uniforme et douce jusqu'à l'isobathe 50 m. Elle se resserre sur la façade Sud du massif du Pradet, à l'Est du cap de Carqueiranne. En milieu ouvert, comme c'est le cas pour ce secteur de la grande rade, la configuration normale est un envasement croissant avec la profondeur, lié à la diminution des actions hydrodynamiques. Les fortes valeurs d'envasement observées dans l'axe de la pointe Ste Marguerite ont deux origines : la présence du débouché de l'émissaire qui apporte au milieu une surcharge en éléments fins, et d'autre part l'avancée de la pointe de Carqueiranne qui favorise l'existence d'un courant tourbillonnaire et d'une cellule de décantation (Jeudy de Grissac & Tiné, 1980).

5.2.3.3 Contexte biocénétique

5.2.3.3.1 Les herbiers de phanérogames

Entre le cap Brun et la pointe de Carqueiranne, la plus grande partie des fonds, de 1 m à 25 m de profondeur, sont colonisés par un herbier de posidonie qui présente un aspect hétérogène et un recouvrement sur le fond faible. Cet herbier s'interrompt localement au niveau de l'anse Méjean et de la pointe Ste Marguerite et montre un état de régression relativement continu, à l'exception de la côte accore méridionale (les Oursinières, cap de Carqueiranne). Au Sud des plages de la Garonne, l'herbier qui présente ici un recouvrement moyen à fort, s'étend au-delà de 25 m de profondeur, et peut atteindre 30 m de profondeur au niveau du Cap de Carqueiranne. Le secteur considéré est assez fortement exposé aux houles d'Ouest (régime de Mistral) et aux houles réfractées d'Est Sud-Est. Les épandages pollués de l'émissaire Ste Marguerite et de l'Eygoutier progressent avec le courant de dérive jusqu'à la baie de la Garonne (Blanc, 1975). En outre, l'érosion et l'ensablement, jusqu'à 20 m, par les lobes d'accrétion issus des plages de la Garonne constituent un facteur supplémentaire dans la dégradation de l'herbier (Jeudy de Grissac & Tiné, 1980). On note également de nombreuses traces d'érosions, chenaux, intermattes, marmites de matte, vraisemblablement liées au passage des engins de pêche traînants (ganguis) qui pratiquent encore intensivement le secteur.

La limite supérieure de l'herbier de posidonie reste très fragmentaire jusqu'aux Oursinières. Très localement en placage sur la roche, au niveaux des pointes rocheuses (cap Brun, face Est de la pointe Ste Marguerite, pointe de la Garonne), l'herbier s'interrompt au droit des anses (Méjean, Magaud, St Pierre) et des plages (Monaco, Garonne). La limite supérieure est alors morcelée ; l'herbier est présent jusqu'à 10-15 m sous forme de taches et îlots sur un substrat sableux et sur de la matte morte recouverte de sable.

Au Sud de la plage de la Garonne, le long du littoral rocheux des Oursinières, on retrouve un herbier en placage sur la roche. Il présente une bonne vitalité dans les faibles profondeurs. L'herbier débute à partir de 4-5 m de profondeur avec un recouvrement de 70 à 60 % jusqu'à 15 mètres. L'herbier ne se développe pas sur les blocs rocheux le long de la digue du port des Oursinières, comme cela peut parfois être constaté (herbier en placage sur les enrochements récents des digues, Arpillon sur Argens, Bernard & Cadiou, 2000). L'herbier se poursuit vers le large sur des fonds de pente faible. Le recouvrement diminue, pour n'être plus que de 20 à 30% au delà de 20 m de profondeur. Les fonds jusqu'à 30 m sont majoritairement constitués de matte morte recouverte de sédiment, témoignage d'un épisode de régression de l'herbier. En limite inférieure localisée entre 25 et 30 m de profondeur, l'herbier est très fragmenté et présente un recouvrement inférieur à 20%.

Au Sud Est du cap de Carqueiranne, l'herbier de posidonie occupe une bande étroite comprise entre -6 et -9 m de profondeur au pied des éboulis et blocs de la côte rocheuse, parfois en placage sur la roche. Il est entrecoupé de zones de sable grossiers, marquées de nombreux ripple-marks, signes d'un important hydrodynamisme de fond dans la zone. Le recouvrement de l'herbier est de 60 à 70 % jusqu'à la limite inférieure. Celle-ci est franche et se situe entre -16 et -25 m. Elle présente toutefois de nombreuses « invaginations », en particulier au droit du cap de Carqueiranne, qui peuvent laisser supposer un début de morcellement. Au delà, les fonds sont constitués de zones de sable grossier sous l'influence des courants de fonds, mais également de larges zones de matte morte, à partir de -17 m, qui confirment l'hypothèse d'un morcellement et d'une certaine régression passée ou actuelle de l'herbier en profondeur.

5.2.3.3.2 colonisation par les algues tropicales *C. taxifolia* et *C. racemosa*

Caulerpa taxifolia a connu une expansion rapide dans ce secteur depuis sa première signalisation en 1990 à l'intérieur de l'anse Méjean (8 m²) : en 1994, les premières colonies à l'extérieur de l'anse Méjean sont signalées, puis en 1996, la campagne de vidéo remorquée CALIFA 96, signale l'algue au large de l'anse Méjean, de l'anse Magaud et de la pointe Ste Marguerite pour une surface concernée de 130 ha⁸.

Actuellement *Caulerpa taxifolia* s'étend jusqu'au droit de la plage de Monaco (commune du Pradet), elle est signalée jusqu'à - 35 m. Dans la grande rade, la surface concernée est de 484 ha. Une colonie isolée est signalée au Sud du cap de Carqueiranne.

Si le Sud Est du secteur semble pour l'instant relativement épargné, rien ne permet d'envisager un ralentissement de l'expansion de *C. taxifolia* vers le Sud (disponibilité du substrat, nombreux facteurs anthropiques de dissémination comme la pêche aux arts traïnants, la plaisance).

Caulerpa racemosa a été signalée pour la première fois dans la grande rade en septembre 2000, lors de la campagne de vidéo remorquée CALIFA 2000. Son installation et son expansion ont du être extraordinairement rapide puisqu'elle s'étend actuellement en tapis denses, de la grande jetée jusqu'à la plage de Monaco (commune du Pradet) et jusqu'à 35 m de profondeur.

5.2.3.3.3 les petits fonds rocheux

Ce secteur de la baie de la Garonne au cap de Carqueiranne présente des aménagements artificiels dans une côte à falaises et plages.

Dans la baie de la Garonne, les grandes plages (plage de Monaco, plage de la Garonne) déterminent de nombreuses zones de sable. Les petits fonds rocheux sont alors cantonnés aux pointes et caps (cap Brun, pointe Ste Marguerite), ils sont plus nombreux au sud, en direction des Oursinières. L'herbier de posidonie, en « mosaïque », remonte en placage sur les blocs rocheux jusqu'à de faibles profondeurs (4-5 m). La digue extérieure du port abri des Oursinières détermine une zone d'éboulis et de blocs issus de l'érosion des enrochements. Cette digue s'appuie sur une large dalle rocheuse qui se prolonge jusqu'à une trentaine de mètre de la côte vers le large. Au droit du cap de Carqueiranne on retrouve un socle rocheux très découpé, qui s'avance vers le large par un plateau subhorizontal en subsurface soumis à un fort déferlement, et se poursuit avec une forte pente, jusqu'aux profondeurs de -10 à -15 m. En continuant vers l'Est, les falaises abruptes de la côte se prolongent sous la surface par des arêtes rocheuse, failles et zones d'éboulis, typiques des paysages de petits fonds rocheux (peuplements d'algues photophiles sur la face supérieure des blocs, surplombs sciaphiles. Les peuplements de poissons des petits fonds apparaissent relativement pauvres spécifiquement et quantitativement. Un déséquilibre démographique apparaît également traduisant une raréfaction des grands individus. Une des causes peut en être une pression de pêche amateur trop importante (Francour *et al.*, 1997).

5.2.3.3.4 peuplements des grottes obscures de la pointe Ste Marguerite

⁸ Se référer à :

- base de données incrémentée dans le cadre de l'Observatoire sur l'Expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée (LEML-UNSA / Région PACA / Agence de l'eau RMC / DIREN – MATE) : [www. Caulerpa.org](http://www.Caulerpa.org)
- site INTERNET Ifremer : <http://www.ifremer.fr/delec/bb/caulerpe.htm>

Les grottes sous-marines sont des milieux particuliers, de part les conditions extrêmes qui y règnent : absence de production primaire, oligotrophie⁹, circulation hydrologique très faible, etc.). Les particularités de ces habitats étant proches de celles des grands fonds, ils présentent donc un grand intérêt pour les scientifiques.

Deux communautés sont généralement présentes dans les grottes sous-marines suivant l'intensité lumineuse disponible : la biocénose des grottes semi-obscurées et la biocénose des grottes obscures (Pérès J.M. & Picard J., 1964 ; Laborel J. *et al.*, 1994). Tandis que le peuplement des grottes obscures, très sélectif, ne recouvre que partiellement les parois (10 à 40%), le peuplement des grottes semi-obscurées est très riche et recouvre totalement les parois. Il est dominé par les éponges qui forment des revêtements épais (Harmelin J.G. *et al.*, 1985), et caractérisé par la disparition progressive des grandes formes érigées. Les peuplements cavernicoles sont fragiles et leur reconstitution peut, pour les grottes obscures, prendre plusieurs siècles en raison de la productivité extrêmement réduite du milieu et de son isolement.

La pointe Ste Marguerite abrite une arche de 15 m de hauteur dans sa partie aérienne, qui se prolonge jusqu'à - 15 m sous l'eau par une vaste salle. Elle communique avec de nombreuses petites entrées. Les caractéristiques sont celles de grottes semi-obscurées et obscures. Les parois à l'entrée de l'arche sont colonisées par des massifs d'une algue rouge encroûtante (*Pseudolithophyllum* sp.), qui forme des petites concrétions en forme d'éventail de quelques centimètres. L'anémone encroûtante jaune *Parazoanthus axinellea* et les peuplements d'éponges sont également bien développés, ainsi que les bryozoaires (*Myriapora truncata*, *Pentapora fascialis*, etc.). Les Langoustes (*Palinurus elephas*) sont fréquemment rencontrées, en revanche, les poissons sont en faible abondance. L'ichtyofaune des grottes sous-marines est généralement plus pauvre que celle des peuplements du coralligène. Les poissons les plus typiques des habitats semi-obscurés sont certains gobiidés, l'Apogon (*Apogon imberbis*), et la Mostelle (*Phycis phycis*).

5.2.3.3.5 intérêt paysager

La grotte de la pointe Ste Marguerite et l'épave *Panama* présentent un certain intérêt pour les plongeurs sous-marins. Les grottes sous-marines constituent des sites de choix pour les plongeurs sous-marins. Elles présentent souvent des peuplements remarquables, dans les premières mètres de boyaux, les plus spectaculaires étant les faciès à corail rouge (*Corallium rubrum*), espèce exploitée, inscrite dans l'annexe III de la Convention de Berne et de Barcelone. Toutefois, une fréquentation trop importante, en particulier par des plongeurs peu expérimentés (coups de palmes), peut engendrer des dégradations des peuplements des grottes, les gorgones sont les plus exposées. En outre, l'accumulation de bulles au plafond, et l'éclairage artificiel peuvent également être sources de perturbations.

L'épave du *Panama* est une frégate à roues, en bois, de la Marine Nationale lancée en 1843, déclassée puis coulée en exercice de tir en 1896. L'épave qui repose sur 52 m de fond a beaucoup souffert, ses restes n'en demeurent pas moins imposants (Joncheray, 1991).

5.2.3.3.6 substrats observés de la baie de la Garonne au cap de Carqueiranne

Dans la baie de la Garonne, le détritique côtier constitue le substrat dominant en terme de surface (Tab. VI).

⁹ Oligotrophe se dit d'un milieu pauvre en nutriments (sels nutritifs).

Tableau VI : types de substrats rencontrés dans la baie de la Garonne, de la surface à 50 m de profondeur sont présentés

Types de substrat	Faiblement représenté	Surface comprise entre 30 et 50%	Dominant
Fonds rocheux à biocénoses photophiles			
Sable fin			
Détritique côtier			

5.2.3.4 Contexte qualité du milieu

5.2.3.4.1 peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

Les peuplements de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* sont très largement représentés sur le secteur compris entre le cap Brun et le cap de Carqueiranne, puisque plus de 60 % du linéaire de côte est concerné par ces peuplements (Tab. VII).

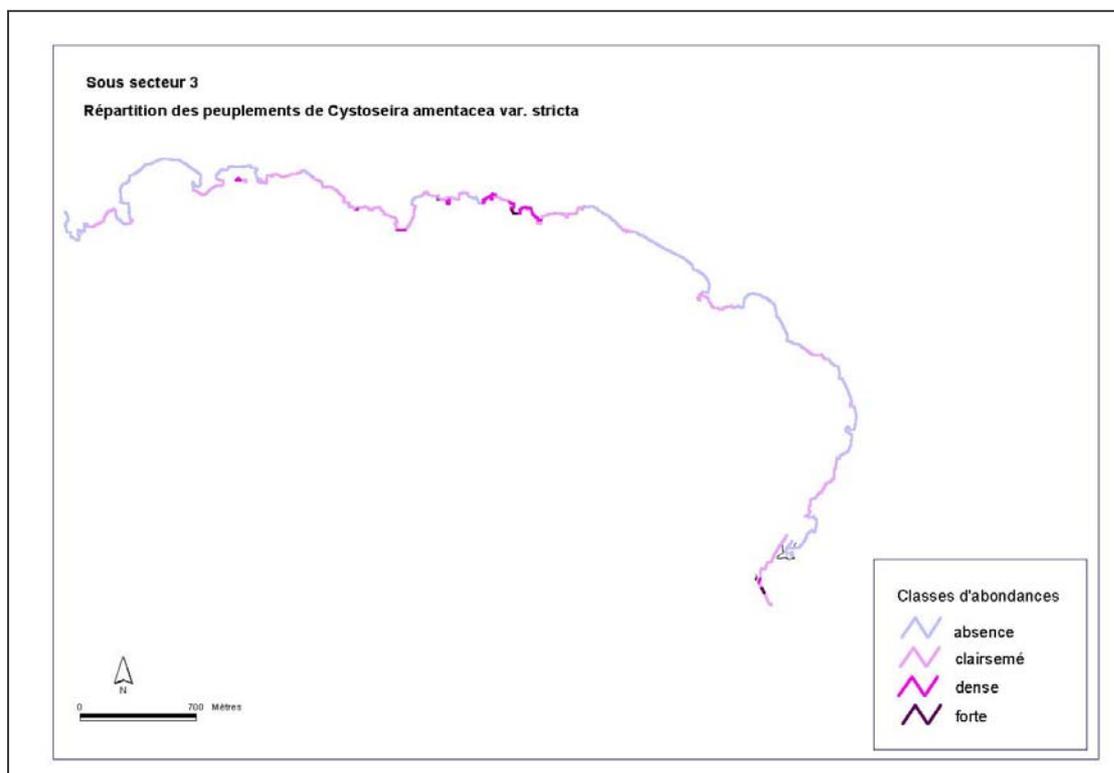
Tableau VII : nombre d'entités linéaires de 50 m par classe d'abondance (de 0 à 5) et densités linéaires en pourcentage sur l'ensemble du secteur pour chaque espèce ou groupe d'espèces échantillonnés (*Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; *Lithophyllum byssoides* de types I et II ; *Corallina elongata* ; *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp.)

Classes d'abondance	Cystoseire	Lithophyllum I	Lithophyllum II	Coralline	Ulves Entéromorphes
0	50	115	132	38	130
1	31	16	1	0	9
2	32	7	4	0	0
3	16	1	0	11	0
4	9	0	2	23	0
5	1	0	0	67	0

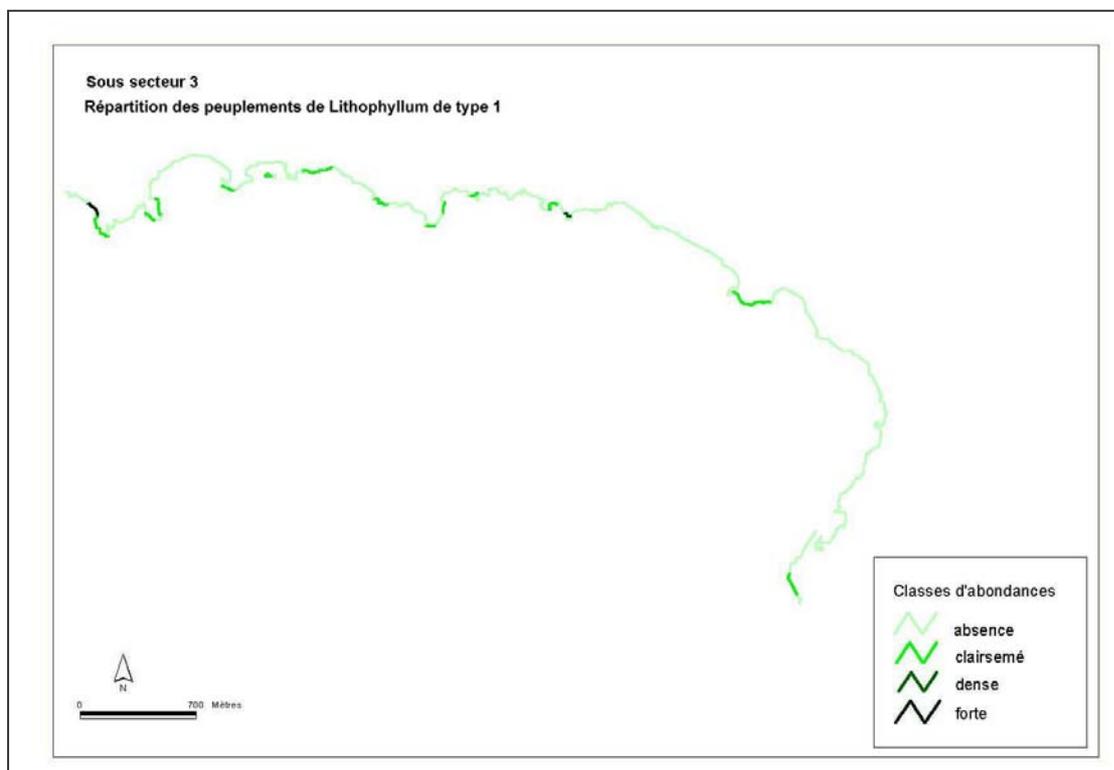
densité linéaire	Cystoseire	Lithophyllum I	Lithophyllum II	Coralline	Ulves/Entéromorphes
absence	36	83	95	27	94
clairsemés	45	17	4	0	6
moyenne	12	1	0	8	0
forte	7	0	1	65	0

Ils sont absents des secteurs de plages comme les plages de Monaco et de la Garonne. Les densités linéaires de ces peuplements restent toutefois relativement faibles, seul 7 % (soit 10 entités linéaires) du linéaire de côte présente des peuplements de forte densité. Ils sont localisés à l'extrémité de la pointe de Monaco pour la partie Nord du secteur étudié, et sur les avancées rocheuses sub horizontales du cap de Carqueiranne pour la partie Sud du secteur (carte 4).

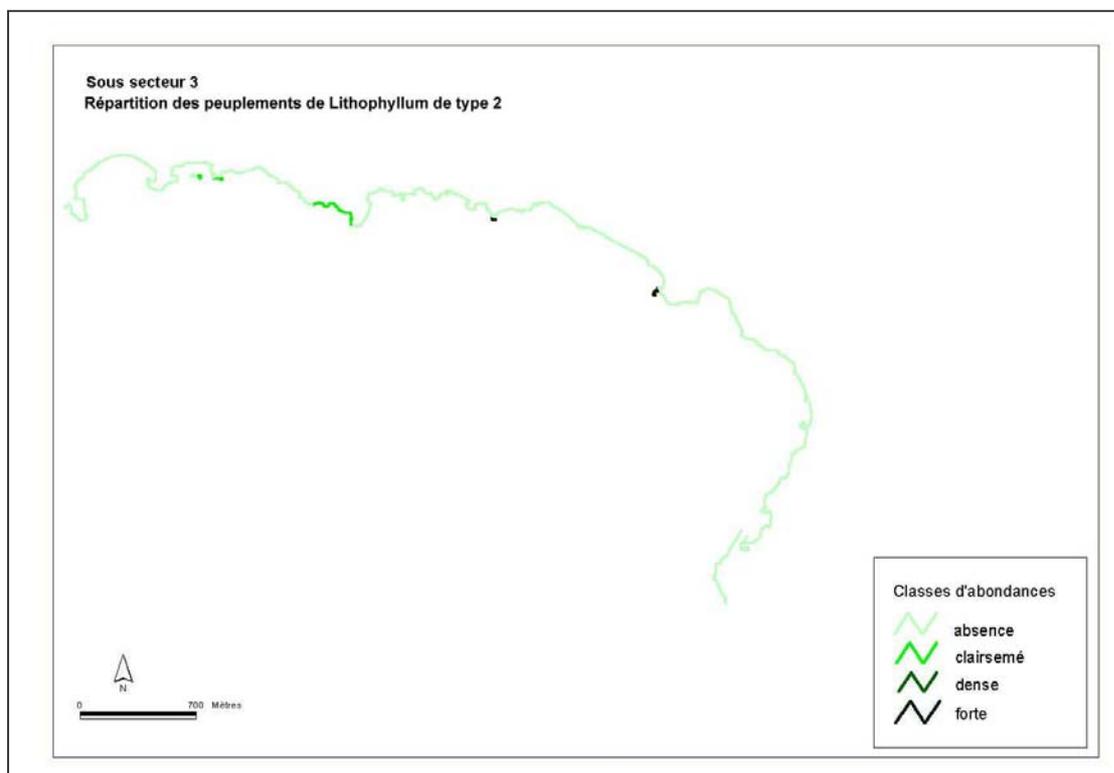
Des peuplements denses à *Cystoseira amentacea* var. *stricta* avaient déjà été signalés au niveau du cap de Carqueiranne dans la zone de déferlement sur un plateau rocheux sub-horizontale de sub surface (Francour *et al.*, 1997). Une autre espèce de cystoseire de la frange supérieure de l'infralittoral avait par ailleurs fait également l'objet d'une signalisation à proximité des Oursinières : *Cystoseira crinita*, espèce devenue relativement rare sur les côtes méditerranéennes françaises (M. Verlaque comm. pers. in Francour *et al.*, 1997). Ce peuplement n'a pas été observé lors de la présente étude.



Carte 4 : peuplements de *Cystoseires Amentacea* var. *stricta*



Carte 5 : abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* de type I



Carte 6. Abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* de type II

Les peuplements de *Lithophyllum byssoides*, en revanche, sont très peu représentés (18 % du linéaire de côte pour le type I) et dans des densités majoritairement faibles. On les rencontre principalement sur le cap Brun, la face Sud des rochers émergents au centre de l'anse de Magaud, ainsi que sur la pointe Ste Marguerite et la pointe de Monaco. Seules la pointe de la Garonne et la face Sud du cap de Carqueiranne présentent quelques peuplements coalescents de *Lithophyllum* (type II) en forte densité.

Les peuplements à *Corallina elongata* sont présents sur la majeure partie du secteur, avec des densités fortes.

Enfin, les Ulves et Entéromorphes, peu représentées, sont localisées principalement au niveau du rejet d'eau douce de la pointe Ste Marguerite (point de départ de l'émissaire), au niveau des plages de Monaco et de la Garonne, ainsi qu'à la sortie du port des Oursinières, sous la forme de peuplements clairsemés.

5.2.3.4.2 Réseaux de surveillance

Ce secteur fait l'objet d'une surveillance régulière des plages par le réseau institutionnel de la DDASS. Une station RINBIO a été suivie en 1996, sans être reconduite ultérieurement. On rappellera également le suivi d'un carré permanent dans l'herbier de posidonie et la prairie à *Caulerpa taxifolia*, dans l'anse Méjean. Par ailleurs, la zone sous influence du rejet de Ste Marguerite a fait l'objet de nombreux programmes d'étude et d'évaluation de l'impact des ef-

fluents sur la qualité du substrat (programmes¹⁰ « rejets urbains », NEPHTOUL, campagne IPSN 2000, etc.).

5.2.3.5 Evolution des biocénoses

La limite supérieure de l'herbier de posidonie montre une certaine stabilité de ses contours. Cependant, tous les auteurs depuis 1978 s'accordent à signaler une importante régression de l'herbier en profondeur entre le cap Brun et les Oursinières. Celle-ci serait imputable, entre autre, à la pollution due au rejet de l'émissaire Ste Marguerite que les courants de surface dirigent vers la baie de la Garonne et les Oursinières (Blanc & Jeudy de Grissac, 1978 ; Verlaque & Tiné, 1979 ; Jeudy de Grissac & Tiné, 1980). La cartographie exhaustive de 1993 (Paillard *et al.*) au niveau des plages de la Garonne permet d'établir que l'herbier a régressé (carte 7). Au-delà de -20 m, l'herbier a disparu et seules subsistent de larges zones de matte morte. Les nombreuses traces d'érosions locales (chenaux dans matte, tombants érosifs) mettent en évidence l'impact négatif de la pratique du ganguin dans l'herbier.

Au droit du cap de Carqueiranne, la limite inférieure reste relativement stable ; les derniers îlots de posidonie sont visibles jusqu'à -30 m. Le recouvrement est inférieur à 20 % et les zones de matte morte témoignent d'un épisode régressif passé ou actuel.

De la pointe de Carqueiranne vers le Sud Est aux falaises du Bau Rouge, hors de l'influence directe du rejet de Ste Marguerite, l'herbier a une bonne vitalité. Sa limite inférieure franche se situe entre -25 et -30 m.

Les colonies des algues invasives *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* présentent une dynamique d'expansion qui laisse peu de doutes quant à la poursuite de leur colonisation dans la grande rade par le Sud Est, tout au moins jusqu'au cap de Carqueiranne. En effet, le fort hydrodynamisme de fond observé au niveau de ce cap et le long des falaises du Bau rouge, à l'Est du cap, peut, en revanche, limiter ou ralentir l'installation de ces deux espèces de Caulerpes : perpétuel remaniement du substrat, constitué de sable grossier sous l'influence des courants de fonds, qui rend difficile la tenue des colonies de caulerpes. Les rhizoïdes sont peu profondément enracinés et les fortes houles de fond arrachent régulièrement les individus.

¹⁰ Voir rapport méthodologie, chapitre V.

5.2.4 Secteur n°4 : de la pointe Maregau au cap Cepet

5.2.4.1 Contexte général

Ce secteur est bordé uniquement par la commune de St Mandrier. La façade sud de la presqu'île de Saint-Mandrier est, pour sa partie terrestre, presque exclusivement dévolue aux activités militaires (batterie de la Renardière, sémaphore du cap Cepet). Le rejet urbain du Cap Cepet n'est plus en service et n'est pas exploité à ce jour. Pour la partie marine, les pêcheurs aux petits métiers sont les principaux utilisateurs du secteur. Les plages de la Renardière et de la Coudoulière font l'objet d'activités balnéaires. Le port abri du Canier (aménagement de 0.35 ha) est actuellement soumis à un aménagement militaire qui comprend le creusement d'un chenal sous-marin, jusqu'à 100 m de la côte.

Plusieurs zones militaires interdisent ou réglementent l'accès au milieu proche côtier (zones de tir, zones d'instrumentation, zones d'exercices).

5.2.4.2 Contexte physique

La presqu'île de St-Mandrier est bordée, sur sa façade Sud, d'une côte rocheuse accore de la pointe Maregau au cap Cepet. Les falaises sont hautes, peu accessibles, et s'interrompent localement pour former deux petites plages de galets, les plages de la Renardière et de la Coudoulière. Sur la façade Est du massif de Cepet, la petite anse des roseaux, au niveau du Canier, permet également un accès à la mer.

Le secteur est fortement exposé et la topographie sous-marine est complexe comprenant des éboulements de falaises, affleurements sous-marins. Une pente importante précède un canyon. Il semble s'agir d'un lobe détritique terrigène associé à des éléments biogènes de grande taille (Judy de Grissac et Tiné, 1980).

Au large du cap Cepet, l'accumulation de matériaux de dragages (Banc des dragages) forme une masse d'éléments de granulométrie diverse qui remonte jusqu'à -13 m.

La pointe Maregau et le cap Cepet sont particulièrement exposés aux houles d'Est et de Sud-Est qui sont prépondérantes du point de vue de l'érosion (Judy de Grissac & Tiné, 1980). Le courant géostrophique, orienté de l'Est vers l'Ouest, passant au large de St-Mandrier, donne naissance à un contre courant de l'Ouest vers l'Est qui longe la pointe Maregau et le cap Cepet.

L'anse des roseaux (au niveau du Canier, sur la façade Est du cap Cepet) est pour sa part particulièrement ouverte aux régimes d'Est. Les courants de fond, orientés NW-SE, sont associés à la sortie des masses d'eau de la grande rade de Toulon, qui viennent se disperser dans la dérive liguro-provençale. Les courants dominants sont orientés généralement vers le Sud, avec des vitesses de l'ordre de 10 cm/s. Les périodes de Mistral et de vent d'Est ne modifient pas la direction de ce courant mais peuvent en doubler la vitesse. (données Marine Nationale *in* Gravez *et al.*, 1999). Au nord de la pointe du Canier, la pente devient plus douce et rejoint les caractéristiques générales des fonds de la grande rade.

5.2.4.3 Contexte biocénotique

5.2.4.3.1 Les herbiers de phanérogames

Entre la pointe Maregau et le cap Cepet, l'herbier de posidonie occupe une bande étroite, il débute, en placage sur des fonds d'éboulis et d'amas rocheux, entre 6 et 8 m de profondeur où il présente une bonne vitalité. On observe une alternance de dalles sub-horizontales, de petits éboulis et de gros blocs entre lesquels des langues de sable grossier sont présentes. L'herbier se poursuit avec un recouvrement variable (de 50 à 80 %) sur les fonds sableux qui débutent entre -10 et 13 m, entre quelques blocs et galets épars. Les fonds de 30 m, et la limite inférieure de l'herbier, sont rapidement atteints. En limite inférieure, l'influence de l'hydrodynamisme est particulièrement visible. L'herbier s'étend vers le large sous forme de langues, sur un sable grossier bien calibré (ripple-marks orientés Nord-Sud), et présente un relief important (apparence de collines, perpendiculaires à la côte). Les feuilles sont relativement longues, la densité foliaire au sein des langues d'herbier est normale¹¹ pour la profondeur.

Au droit des plages de la renardière et de la Coudoulière, une large zone de sable s'étend du pied des amas rocheux et dans la continuité des plages, jusqu'à -10 à -15 m. La limite supérieure de l'herbier de posidonie avec le sable est morcelée, sous forme de taches et îlots, et présente un faible recouvrement (20-30%). Plusieurs taches d'herbier sont observées à la côte, en placage sur la roche.

L'herbier de posidonie continu s'interrompt brusquement, immédiatement à l'Est du cap Cepet. Seules subsistent des zones d'herbier de taille variable, en placage sur la roche à partir de 4-6 m de profondeur, puis sur un substrat constitué de matre morte recouverte de sédiment fin, jusqu'à 15 m de profondeur. Il n'existe pas de données sonogramme disponible pour la face Est du cap Cepet ; toutefois les signalisations dans la littérature, ainsi que des prospections réalisées en plongée sous-marine (Jeudy de Grissac *et al.*, 1985 ; Gravez *et al.*, 1999, Bonhomme *et al.*, 2001) n'ont pas mis en évidence d'herbier continu plus en profondeur.

Entre le cap Cepet et la pointe des Petits Frères, l'herbier de posidonie apparaît sous la forme d'îlots de faible extension. Les îlots de faible diamètre, en placage sur la roche à faible profondeur (2-3 m de profondeur), présentent de faibles densités (sub normales inférieures). Les feuilles sont généralement courtes et présentent un faciès de surpâturage (poissons herbivores et oursins). Plus en profondeur, les taches et îlots sont installés sur de la matre morte recouverte de sable. L'épaisseur de matre morte atteint par endroit plus de 3 m d'épaisseur (Bonhomme *et al.*, 2001), ce qui témoigne de la présence d'un herbier très ancien. La matre présente en effet une croissance verticale moyenne de 1 m par siècle (Boudouresque & Meinesz, 1982).

A partir de -10 à -12 m, l'herbier est disparate et apparaît sous la forme de quelques taches d'une dizaine de mètres de diamètre chacune. Il présente alors une bonne vitalité d'ensemble (densités normales pour la profondeur), avec une forte proportion de rhizomes plagiotropes (à croissance verticale) en bordure des taches (supérieure à 70 %) et un déchaussement très faible.

A partir d'une trentaine de mètres de profondeur, les peuplement algaux du circalittoral, les plus tolérants aux faibles éclaircissements, se développent sur un substrat en pente douce formé de graviers, de cailloux et de petits blocs plus ou moins envasés (Verlaque, 1979). Au delà, et

¹¹ la définition des densités foliaires de l'herbier suit la classification établie par Pergent-Martini (1994) rappelée dans le rapport méthodologique (chapitre VI)

jusqu'à la profondeur maximum de la grande rade (68 m), les fonds sont occupés par du Détritico-côtière (Blanc, 1975).

5.2.4.3.2 les petits fonds rocheux

Les falaises accores de la pointe Maregau et du cap Cepet se prolongent, au niveau de la surface de l'eau, par une frange étroite d'éboulis et de blocs, issus de l'érosion des falaises, qui forment sous la surface un relief très hétérogène, avec une pente relativement forte. Les éboulis et blocs rocheux forment une multitude de cavités, dans lesquels de nombreux poissons de roches trouvent refuge. Une succession d'arêtes et de failles rocheuses constituent, dans leur prolongement un relief sous-marin fortement accidenté, irrégulier. La face supérieure des arêtes est colonisée par les peuplements photophiles tandis que les surplombs et les parois latérales des failles sont propices au développement des peuplements sciaphiles.

Les espèces d'algues observées sur les surplombs rocheux des petits fonds sont principalement : *Codium vermilara*, *Udotea petiolata*, *Peyssonnelia squamaria*, *Halopteris filicina* (Verlaque & Tiné, 1979). Certaines des algues accompagnatrices peuvent également constituer par endroits des faciès : faciès à *Udotea petiolata* et *Halimeda tuna*, faciès à *Peyssonnelia* et *Pseudolithophyllum expansum*.

Parmi la faune rencontrée sur ces surplombs sciaphiles de faible profondeur, plusieurs peuplements dominent. En particulier, on observe des faciès formés par des éponges comme l'éponge orange encroûtante (*Crambe crambe*). D'autres éponges dont les éponges encroûtantes bleues (*Anchinoe tenacior*) et les Clathrines jaunes (*Clathrina clathrus*), ont été également rencontrées. L'Anémone encroûtante jaune (*Parazoanthus axinellae*), peut former de véritables tapis de polypes, parfois de plusieurs mètres carrés. Plusieurs autres espèces d'anémones peuvent être observées (l'Anémone de mer verte *Anemonia viridis*, l'Anémone charnue *Cribrinopsis crassa*, etc.). L'Ascidie rouge (*Halocynthia papillosa*) est très régulièrement présente sous les surplombs rocheux, quelques individus de violets (*Microcosmus sabatieri*), espèce commerciale peuvent également être observés.

Du cap Cepet à la pointe des Petits Frères, les petits fonds sont essentiellement constitués de blocs et éboulis propices au développement des peuplements d'algues photophiles.

5.2.4.3.3 espèces remarquables

Plusieurs individus de la grande nacre *Pinna nobilis* (espèce protégée par arrêté du 26 novembre 1992) ont été rencontrés au droit de l'anse des Roseaux (pointe du Canier).

5.2.4.3.4 substrats observés de la pointe Marégau au cap Cepet

Au droit de la pointe Marégau et du cap Cepet, les sables constituent le type de substrat dominant (Tab. VIII).

Tableau VIII : Types de substrats rencontrés de la pointe de Maregau au cap Cepet, de la surface à 50 m de profondeur

Types de substrat	Faiblement représenté	Surface comprise entre 30 et 50%	Dominant
Fonds rocheux à biocénoses photophiles			
Sable grossier bien calibré			
Sable fin			

Détritique côtier			
-------------------	--	--	--

Au droit de la pointe Maregau s'individualise une large zone de sable grossier sous l'influence des courants de fonds (SGCF). Après observation des échantillons de sédiments, il s'agit d'un matériau complexe à Rhodophycées calcaires constitué de Maërl (dont l'algue principale est *Mesophyllum coralloides*) et de "pralines" (corallinacées encroûtantes) (M. Bourcier et M. Verlaque comm. pers.). Ce type de fond est commun devant tous les caps situés de façon analogue : cap d'Alon, Pointe de La Cride, l'ouest de l'Archipel de Embiez, pied des falaises allant du Cap Canaille au Bec de l'Aigle au S-E de la Baie de Cassis (Bourcier, 1980 ; comm. pers.)

Ces fonds de Maërl ou pralines ne sont toutefois que des faciès de la biocénose du Détritique Côtier. Il y aurait alors continuité avec les fonds du DC identifiés à l'Est et Ouest de la pointe Marégau.

5.2.4.3.5 intérêt paysager

Le sous marin *Ariane*, épave de 50 m de long, coulé le 26 mars 1981 par 31 m de fond était un lieu de plongée bien connu des plongeurs locaux. Pour des raisons de sécurité, l'épave a été interdite d'accès.

L'épave de *l'Artésien*, un cargo de 100 m de long, a été torpillé le 29 février 1944 par un sous-marin britannique. L'épave est relativement profonde par 52 m de fond. Les vestiges présentent peu d'intérêt (Tab. IX).

Tableau IX : Classification des sites de plongée du secteur compris entre la pointe Marégau et le cap Cepet selon les critères paysagers retenus par Boudouresque, 1996.

Sites de plongée	Richesse biologique perçue par le plongeur	Qualité du décor	Difficulté d'accès
Epaves	+	++	+++
Roche littorale photophile	+	+	-

5.2.4.4 Contexte qualité du milieu

5.2.4.4.1 peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

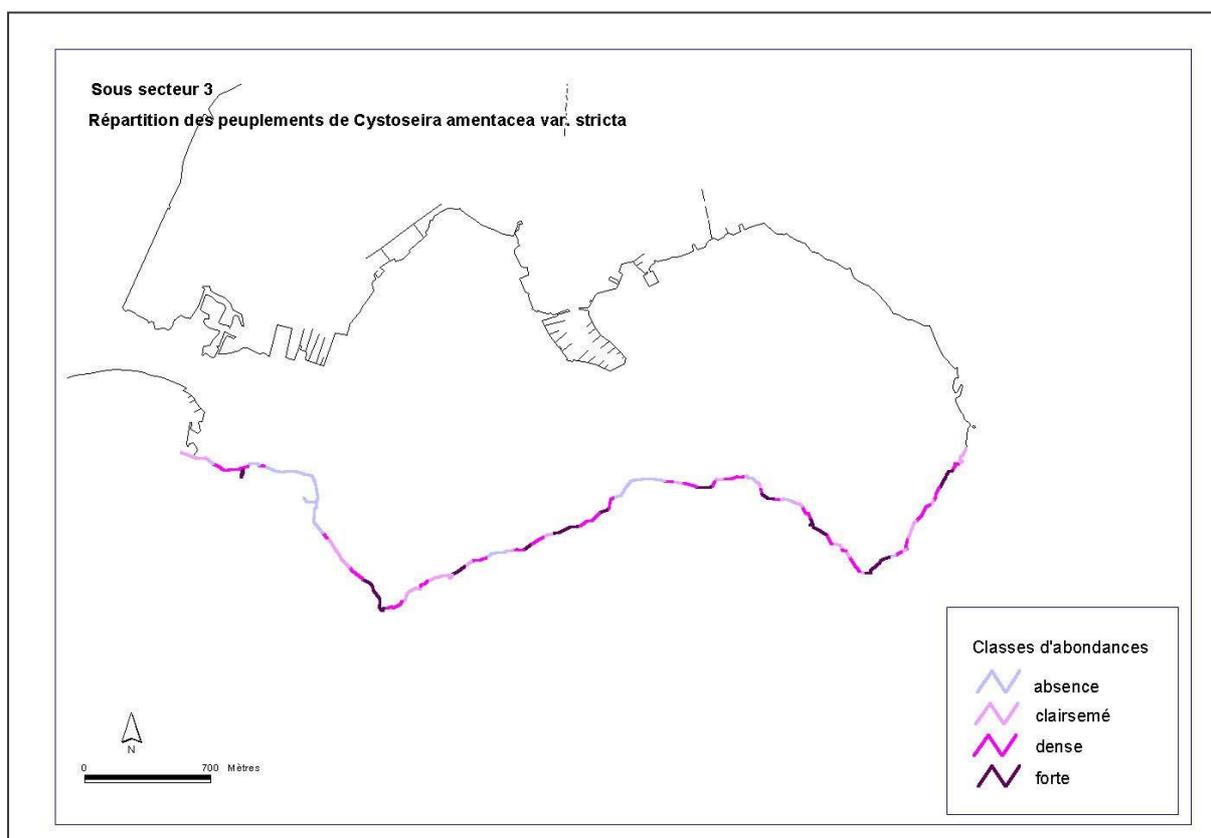
L'échantillonnage des peuplements de type I et II de *Lithophyllum byssoides*, n'a pu être réalisé de façon précise. La difficulté d'approche de la côte (nombreux hauts fonds et écueils) a rendu imprécise l'évaluation de ces peuplements. En outre, aucun encorbellement de *Lithophyllum* n'a été observé entre la pointe Marégau et le cap Cepet.

Tableau X : nombre d'entités linéaires de 50 m par classe d'abondance (de 0 à 5) et densités linéaires en pourcentage sur l'ensemble du secteur pour chaque espèce ou groupe d'espèces échantillonnés (*Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; *Corallina elongata* ; *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp.).

Classes d'abondance	Cystoseire	Coralline	Ulves/Entéromorphes
0	15	8	126
1	4	0	0

2	30	0	1
3	47	16	0
4	29	51	0
5	2	52	0

densité linéaire (%)	Cystoseire	Coralline	Ulves/Entéromorphes
Absence (0)	12	6	99
Clairsemée (1 – 2)	27	0	1
Moyenne (3)	37	13	0
Forte (4 – 5)	24	81	0



Carte 7. Abondance des peuplements *Cystoseira amentacea* var. *stricta*

Les peuplements de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* sont répartis sur la totalité du linéaire de côte étudié, de la pointe Maregau à la pointe du Canier, à l'exception de la côte rocheuse basse de Pin Rolland et des plages de la Renardière et de la Coudoulière (absents sur 15 entités linéaires de 50 m). Ces peuplements présentent, par ailleurs, une densité linéaire importante, puisqu'elle est considérée comme forte sur près de 25% des entités linéaires du secteur et moyenne sur 37 % des entités (Tab. X et carte 7). Les peuplements les plus denses sont principalement localisés sur les pointes les plus exposées.

Les peuplements de *Corallina elongata* sont également très abondants sur la totalité du linéaire. En revanche, les peuplements d'Ulves et d'Entéromorphes sont quasiment absents du secteur. Seul une entité linéaire à proximité de la plage de la Renardière comportait des Ulves.

La répartition, l'extension et la densité des peuplements observés de la pointe Marégau à la pointe du Canier semblent indiquer un milieu relativement préservé de toute pollution d'origine urbaine. Ce secteur apparaît donc suffisamment éloigné de l'émissaire du cap Sicié ainsi que de la pollution en provenance de la rade de Toulon, pour que les peuplements du médio-littoral et de la frange supérieure de l'infralittoral puissent se développer dans des conditions correspondant au contexte hydrodynamique et géomorphologique.

5.2.4.4.2 les réseaux de surveillance

Ce secteur dispose d'une station RINBIO (2000) qui s'inscrit dans le Réseau Littoral Méditerranéen (RLM / Agence de l'Eau RMC - Ifremer). Les plages (criques) sont suivies par le réseau des DDASS. Enfin, un point du REPOM est implanté au niveau de la plage de la Renardière.

5.2.4.5 Evolution des biocénoses

L'herbier de posidonie le long la façade Sud de la presqu'île de Saint-Mandrier semble présenter une relative stabilité de ses contours. Sa vitalité générale est bonne, l'herbier supérieur est en placage sur la roche et ne présente pas de signes de régression. La limite inférieure se situe à -30 m environ. Les seuls éléments à caractères érosifs sont en place et équilibrés (fort hydrodynamisme sur tout le secteur et chenal de retour au droit des plages de la renardière et la Coudoulière).

En revanche, les taches d'herbier entre le cap Cepet et la pointe des Petits Frères semblent être des structures reliques d'un herbier beaucoup plus étendu comme en témoigne les vastes zones de matte morte ancienne ; l'épaisseur de matte morte est supérieure à 3 m. La divergence est grande entre la répartition de l'herbier observée lors de la présente étude et les cartographies de Blanc (1975) et Verlaque & Tiné (1979), reprises dans la synthèse de Sinassamy *et al.* (1990), qui présentaient une frange continue d'herbier littoral du cap Cepet jusqu'à la pointe du Canier. Par ailleurs la présence d'herbier, dans ce secteur, au début des années 1970 a été confirmée (J.J. Blanc, M. Verlaque, comm pers.).

Un épisode de forte régression de l'herbier à *Posidonia oceanica* du cap Cepet à la pointe des Petits Frères est donc mis en évidence au cours des vingt dernières années. Cette destruction est contemporaine. Les causes peuvent en être multiples (rejets urbains de Cepet, impact d'activités militaires comme la mise en œuvre d'explosifs, etc.). La poursuite de la régression ou au contraire la reprise d'une dynamique de progression et de recolonisation du substrat par l'herbier de Posidonie, sera précisée par le suivi d'une structure permanente (carré permanent), actuellement en cours d'installation au droit du port abri du Canier (Bonhomme *et al.*, 2001).

5.2.5 Secteur n°5 : l'anse des Sablettes

5.2.5.1 Contexte général

Ce secteur est bordé par les communes de La Seyne-sur-mer et Saint-Mandrier. Les plages des Sablettes, de Fabrégas et de Peyras sont régulièrement fréquentées. Seule la plage des Sablettes (plage de sable) est équipée d'infrastructures balnéaires. Le port-abri de St-Elme d'une capacité de 160 anneaux abrite principalement des navires de plaisance de faible tonnage. La pêche aux petits métiers est pratiquée par les unités de St-Mandrier-sur-mer et de St-Elme (environ 15 bateaux). Le secteur compris entre les îlots des Deux Frères et la pointe Maregau est considéré comme un secteur "riche" : filets fixes, palangres et pêche à l'oursin y sont pratiqués (CETIIS-IFREMER-GIS Posidonie, 1998).

La zone ZNIEFF 83M10 est située de part et d'autre de la plage des Sablettes.

5.2.5.2 Contexte physique

L'anse des Sablettes est fermée à l'Ouest par une série de falaises rocheuses, peu accessibles, qui se poursuivent jusqu'à la calanque de Fabrégas et constituent la partie orientale du massif de Sicié. Le pied de falaise est constitué de plages de galets et éboulis, issus de l'érosion. On y accède par des sentiers escarpés. Au Nord, une grande plage de sable donne sur l'ancien isthme des Sablettes. Enfin, à l'Est, une côte rocheuse basse aboutit au massif de la pointe Maregau, et à une nouvelle série de falaises élevées.

La morphologie sous-marine est fortement influencée par le substrat sableux du fond de l'anse : les fonds sont sub-horizontaux et majoritairement sableux. Les petits fonds, jusqu'à 4-6 m de profondeur sont, en revanche, majoritairement rocheux ; ils prolongent la côte rocheuse à l'Ouest et à l'Est de l'anse. Ils sont constitués de gros blocs et petits éboulis, et de socles affleurants dans la continuation des pointes.

L'arête du cap Sicié protège la zone de Fabrégas aux Sablettes de l'action des vents de Nord et Nord-Ouest. Toutefois, un contre-courant orienté d'Ouest en Est est renforcé par de fortes dérives de Mistral, et influence le transport des sédiments issus du massif de Sicié (Blanc & Jeudy de Grissac, 1978). Les houles d'Est et de Sud-est restent prépondérantes quant à leur action érosive. Elles déterminent un chenal de retour très marqué au centre de la calanque de Fabrégas.

5.2.5.3 Contexte biocénotique

5.2.5.3.1 Les herbiers de phanérogames

Dans l'anse des Sablettes, l'herbier à *Posidonia oceanica* présente une bonne vitalité. L'herbier est dense avec un fort recouvrement (80 % au centre de l'herbier). Il s'étend au-delà de 30 m de profondeur, où sa limite inférieure est franche, et se poursuit jusqu'à -33 m par des faisceaux isolés.

A la côte, on trouve un substrat essentiellement rocheux, composé de blocs et d'affleurements parfois de grandes tailles. Deux grandes taches de sable, longent la côte Ouest, du cap Sicié jusqu'à la pointe du Bau Rouge. On y trouve un sable coquiller clair, grossier marqué de nombreux ripple-marks orientés au 45° (Nord-Est). Au contact de ces zones de sable la limite supérieure de l'herbier de posidonie se situe vers 8.5 m de profondeur, elle est franche et forme

de nombreuses invaginations avec un relief important (tombants de matras présents le long de la limite). L'herbier se prolonge sur le sable sous forme d'îlots et de taches isolés. On trouve également de nombreux rhizomes en épaves et une accumulation de litière, vraisemblablement dus à l'hydrodynamisme auquel est soumis ce secteur. Contre les avancées rocheuses des Jonquières, de St Selon, et du Bau Rouge, l'herbier remonte en placage jusqu'à 1 à 2 m de profondeur avec une bonne vitalité apparente (densités normales à sub normales supérieures). On peut noter une arrivée d'eau douce en subsurface au droit de la pointe du Bau Rouge (résurgence, écoulement, rejet ?).

Le fond de la calanque de Fabrégas est occupé par une plage de sable, et un petit ponton de débarquement. Bordant la côte, des petits fonds rocheux avec peuplements d'algues photophiles sont présents à faible profondeur, suivis d'un herbier de posidonie qui se développe sur roche (à partir de 1 m de profondeur), puis sur matras et sable jusqu'à 4 m de profondeur. Une large zone sableuse d'origine hydrodynamique occupe la partie centrale de l'anse. Par fort régime de vent de Sud-Est, la masse d'eau de surface arrivant du large est entraînée vers la côte. Le retour de cette masse d'eau vers le large se fait alors par le fond ; elle va alors creuser, dans l'axe de la calanque, un chenal que l'on nomme "rivière de retour" (Blanc et Jeudy de Grissac, 1978).

Au droit de la plage des Sablettes, au centre du secteur concerné, une grande zone de sable soumis à l'hydrodynamisme (nombreux ripple-marks orientés Ouest-Est) semble limiter le développement vers la côte de l'herbier, à 7-8 m de profondeur. La limite supérieure est, là encore, franche avec quelques îlots installés, en aval, sur le sable et qui présentent une bonne vitalité (densités normales, fort pourcentage de rhizomes plagiotropes).

Le long de la face Est de l'anse des Sablettes, au niveau des avancées rocheuses des pointes de St-Elme et de Pin Rolland, l'herbier remonte en placage sur les affleurements rocheux et les gros blocs, jusqu'à 50 cm de profondeur. On retrouve au niveau de ces pointes, un herbier de faible profondeur, en mosaïque, avec des taches de matras et des tapis d'algues photophiles en placage sur la roche. Le recouvrement de l'herbier est important pour une limite supérieure, 30 à 40 % (à 6 m de profondeur) et les densités sont normales à sub-normales supérieures pour la profondeur. L'enchevêtrement des blocs et des brondes forme des failles et des méandres, de relief important, au creux desquels on observe une faune et une flore sciaphiles des petites profondeurs.

L'herbier continu, au centre de l'anse des Sablettes, s'étend jusque vers 30 m de profondeur. Sa limite inférieure est franche, sur matras ; quelques faisceaux isolés sont observés jusqu'à 33 m de profondeur. L'herbier présente un recouvrement de 40 à 50 % en limite inférieure, ce qui est relativement important. Les rhizomes sont majoritairement orthotropes, toutefois de nombreux rhizomes plagiotropes (à croissance horizontale) sont observés en limite inférieure, ce qui peut caractériser une tendance à la progression ou tout au moins à la stabilité de l'herbier.

5.2.5.3.2 les petits fonds rocheux

Entre le cap Sicié et la baie des Sablettes, les falaises et les plages de galets se poursuivent sous l'eau par un paysage de petits éboulis et de gros blocs posés sur le sable, avec une pente relativement douce. Au droit des caps et pointes, dans leur prolongement, le substrat est constitué d'arêtes rocheuses qui forment des petites failles et des surplombs. De gros blocs sont fréquemment posés au pied de la roche (entre 10 et 12 m de profondeur) sur des taches de sa-

ble par endroits, mais également dans l'herbier de posidonie dont la limite supérieure remonte en placage jusqu'à la roche.

Les petits fonds rocheux s'interrompent au niveau de la plage de sable des Sablettes, jusqu'au port abri de St-Elme. Les enrochements artificiels du port sont peu colonisés par les peuplements d'algues photophiles. En revanche, il semble que de nombreuses espèces de poissons aient pu y trouver abri. On retrouve, au Sud-Est et jusqu'à la pointe Marégau, des fonds de blocs de tailles variées, qui couvrent une surface importante sur le fond, jusqu'à une cinquantaine de mètre de la côte, sur un substrat de sable et de roche sub-horizontale. Le nombre important de blocs et d'écueil rend difficile la navigation et l'approche de la côte.

Les faces supérieures des blocs et arêtes, exposées à la lumière, à faible profondeur, sont le lieu de développement privilégié des peuplements d'algues photophiles. Ces peuplements d'algues photophiles se rencontrent sous la forme d'un tapis généralement dense. Les algues photophiles n'ont pas fait l'objet de prélèvements ni d'identification systématique lors de cette étude. Cependant, les algues les plus communes de la biocénose des substrats durs photophiles sont les acétabulaires (*Acetabularia acetabulum*), les codium (*Codium* spp.) et les Halimèdes (*Halimeda tuna*) pour les algues vertes ; les padines (*Padina pavonica*), les dictyotales (*Dictyota* spp.) et les halopteris (*Halopteris* spp.) pour les algues brunes ; les asparagopsis (*Asparagopsis armata*), les corallines (*Corallina elongata*), les laurencia (*Laurencia* spp.) et les jania (*Jania* spp.) pour les algues rouges. Ces espèces sont communes sur les substrats durs éclairés (Pérès & Picard, 1964 ; Verlaque, 1979 ; Bellan-Santini, 1994).

Les zones d'éboulis et les arêtes rocheuses forment un ensemble très hétérogène d'un point de vue topographique et bionomique (cavités, blocs mêlés à de l'herbier de posidonie). Elles sont riches en abris et en nourriture (tapis d'algues, éponges, invertébrés, petits crustacés) et accueillent donc une ichtyofaune très diverse. Elles comprennent de nombreux labres (*Symphodus* spp., *Coris julis*, *Labrus merula*, et *L. viridis*) qui forment la fraction dominante avec les sars. Ces derniers sont surtout représentés par le Sar commun (*Diplodus sargus*) et le Sar véradé (*D. vulgaris*). Les rascasses, comme la Rascasse brune (*Scorpaena porcus*) et la Rascasse pustuleuse (*Scorpaena notata*) sont fréquentes ainsi que les petits serrans (*Serranus cabrilla*, *S. scriba*). Dans les niveaux les plus superficiels on note la présence de la Girelle paon (*Thalassoma pavo*), espèce à affinité méridionale.

Au droit du port abri de St-Elme, la remontée rocheuse de St-Elme, culmine à 8 m de profondeur. Elle débute à -18 m, sur des fonds de sable coquillers, et d'herbier de posidonie. Ce dernier remonte en placage sur la roche, jusqu'à atteindre 10-12 m de profondeur et présente une bonne vitalité. Les faces supérieures de la roche sont recouverts d'un peuplement dense d'*Halimeda tuna*, algue du pré-coralligène. Les oursins violets *Sphaerechinus granularis*, ainsi que les oursins comestibles *Paracentrotus lividus*, sont très nombreux. Un faciès de surpâturage peut être observé au pied de la "tête" du sec. Les surplombs rocheux formés par les arêtes et les failles, sont également colonisés par de nombreuses espèces sciaphiles du pré-coralligène : éponges encroûtantes et dressées, bryozoaires, madrépores et coelentères (*Pentapora fascialis*, *Myriapora truncata*, *Caryophylla* sp., *Parazoanthus axinellae*). Ces surplombs et cavités servent d'abri à plusieurs crustacés, Galathées, crevettes, ainsi qu'à des Congres et des Murènes. Les peuplements de poissons sont abondants. Ce sont essentiellement des Sars (*Diplodus vulgaris* et *D. sargus*), des Apogons (*Apogon imberbis*), des petits serranidés (*Serranus scriba*, *S. cabrilla*) et des labridés (*Symphodus* spp.).

5.2.5.3.3 espèces remarquables

La grande nacre *Pinna nobilis*, espèce protégée par l'arrêté du 26 novembre 1992, est présente dans l'herbier de posidonie. Cette espèce est particulièrement menacée par la réduction de son habitat, mais également par les mouillages et la pratique du chalutage (destruction de sa coquille).

5.2.5.3.4 substrats

Dans l'anse des Sablettes, le sable fin constitue le substrat dominant en terme de surface (Tab. XI).

Tableau XI : types de substrats rencontrés dans l'anse des Sablettes, de la surface à 50 m de profondeur.

Types de substrat	Faiblement représenté	Surface comprise entre 30 et 50 %	Dominant
Fonds rocheux à biocénoses photophiles et surplombs sciaphiles			
Sable grossier bien calibré			
Sable fin			
Détritique côtier			

5.2.5.3.5 intérêt paysager

La remontée rocheuse de St Elme facilement accessible (profondeur maximum de 18 m) constitue le paysage sous-marin le plus attrayant de la zone d'étude en plongée sous-marine (Tab. XII). Ce sec offre, en effet, une diversité architecturale intéressante, avec l'alternance de barres rocheuses et de zones de gros blocs sur sable clair.

De nombreux blocs et écueils, posés à faible profondeur, sur le sable et dans l'herbier, au Sud-Est du port-abri de St-Elme, constituent un paysage diversifié et aisément accessible sans équipement, offrant la possibilité d'observer une faune variée (poulpes, seiches, gros labridés, crustacés).

Au large de l'anse des Sablettes, par 46 m de profondeur, repose une épave d'hydravion (un Dornier), coulé durant la dernière guerre (Joncheray, 1991). On peut y rencontrer notamment des langoustes et homards (*Palinurus elephas*, *Hommarus gammarus*), espèces inscrites dans l'annexe III de la convention de Berne, ainsi que des murènes et des congres.

Une autre épave, le Tromblon (chaloupe-cannonnière à vapeur), était le support d'un canon de 24. Après avoir participé à l'expédition de Tunisie, il fut coulé comme cible le 21 octobre 1898. Le navire a beaucoup souffert, les tôles s'affaissent ; le seul intérêt de cette épave est l'aspect désuet des vestiges (Joncheray, 1991).

Tableau XII : classification des sites de plongée de l'anse des Sablettes, selon les critères paysagers retenus par Boudouresque, 1996.

Sites de plongée	Richesse biologique perçue par le plongeur	Qualité du décor	Difficulté d'accès
Sèche de St-Elme	++	++	+
Epaves	+	++	+++

Roche littorale photophile	+	+	-
----------------------------	---	---	---

5.2.5.4 Contexte qualité du milieu

5.2.5.4.1 peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

L'anse des Sablettes, dont le linéaire comprend une grande zone de plage de sable, correspond à une zone intermédiaire entre deux secteurs d'échantillonnage des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral (secteur du cap Sicié et secteur de la pointe Margau, se reporter aux paragraphes correspondants). On peut toutefois noter la présence de peuplements à *Cystoseira amentacea* var. *stricta* au niveau des pointes de St Selon et du Bau Rouge, sous la forme de peuplements clairsemés.

5.2.5.4.2 réseaux de surveillance

Dans ce secteur, le seul réseau institutionnel en service est celui de la DDASS pour le suivi des plages (plage des Sablettes et diverses criques comme celle de Fabrégas). Une station RINBIO a été exploitée en 1996 seulement.

5.2.5.5 Evolution des biocénoses

Blanc & Jeudy de Grissac (1978) observaient un herbier en régression, initialement en mode régulier¹², passé en vingt années au mode imbriqué puis dispersé. Ces auteurs mettaient en avant l'action des seuls agents mécaniques : érosion sous-marine et épandage de sable, dus au contre courant des Sablettes. Ils situent sa limite inférieure à moins de 20 m de profondeur, sur une zone de sable grossier sous influence des courants de fond.

Une plongée ponctuelle d'observation, réalisée à l'Ouest de l'anse des Sablettes par le GIS Posidonie en février 1994 avait toutefois souligné la présence d'un herbier dense à fort recouvrement et présentant une bonne vitalité d'ensemble, au moins jusqu'à -20 m.

L'interprétation des sonogrammes, complétée par une série de validation en plongée sous-marine a mis en évidence un herbier de forte vitalité, qui présente des recouvrements importants, de 80% au centre, à 40% en limite, et qui se poursuit jusqu'à 30 m de profondeur. Au delà subsistent des îlots de posidonie isolés, mais qui présentent également des traces de bonne vitalité, avec en particulier, une forte proportion de rhizomes plagiotropes (à croissance horizontale). Une phase de croissance exceptionnelle de l'herbier de posidonie ne peut suffire à expliquer un tel décalage entre les observations, même à vingt ans d'intervalle. Il est donc probable que l'extension de l'herbier en profondeur ait été sous-évaluée lors des observations de 1978, les techniques d'échantillonnage étant très différentes (bennes et prélèvements). En

¹² *Mode régulier* : l'herbier se dispose parallèlement au rivage, sous la forme d'une zone régulière insérée entre le prisme littoral et les types de fonds du circalittoral tels que le détritique côtier ou le coralligène.

Mode imbriqué : Les dispositions respectives du prisme littoral, de l'herbier et du circalittoral ne sont plus parallèles entre elles et par rapport au rivage, mais sont obliques, imbriquées. Les causes peuvent en être l'importance des déferlements, les courants de fond, des altérations diverses telles que les pollutions. La dissection des matras se traduit par des tombants, chenaux, marmite et îlots vestigiaux de l'herbier. Cela implique une rupture d'équilibre annonçant une dégradation rapide.

Mode dispersé : les herbiers y sont disséqués et montrent une répartition dispersée, en "tache de léopard", sur les fonds sableux (Sables Fins des Hauts Niveaux). L'état de ce déséquilibre est accentué par une dégradation des fonds due à l'érosion mécanique et par un étouffement lié à une hyper sédimentation fine. On note la présence de lobes détritiques sous-marins et de petits talus de progradation, larges ou étroits.

revanche, la localisation de la limite supérieure réalisée en 1978 sur la base de l'interprétation de photographies aériennes et de plongées ponctuelles (donc une méthodologie comparable à celle utilisée pour la présente étude), permet de retrouver les grands traits des contours de la limite supérieure de l'herbier.

L'herbier de posidonie présente donc une bonne vitalité dans l'anse des Sablettes et son extension géographique et bathymétrique semble stabilisée. Une trop forte pression de mouillage, comme cela semble être le cas à proximité de l'anse de Fabrégas, peut toutefois générer des conditions de dégradation de l'herbier. Un suivi localisé de l'herbier permettrait de mettre en évidence le type de dynamique évolutive que présente l'herbier dans ce secteur.

Les peuplements du pré-coralligène de la remontée rocheuse de St-Elme ne semblent soumis qu'à peu d'influences anthropiques (hormis la fréquentation des plongeurs et chasseurs sous-marins). Il n'existe pas de description antérieure de la remontée rocheuse qui permettrait d'analyser l'évolution de ces peuplements.

5.2.6 Secteur n°6 : de la pointe de l'éperon au cap Sicié – Deux Frères

5.2.6.1 Contexte général

Ce secteur est bordé par les communes de Six-Fours-les-plages et la Seyne-sur-Mer. Bien qu'il ne soit pas urbanisé, ce secteur est soumis à un important rejet : la station d'épuration AMPHITRIA (capacité de 550 000 EH) traite les effluents de 7 communes (350 000 habitants concernés) dont la partie Ouest de Toulon. L'ouvrage est situé en pied de falaise dans la crique de Sicié, et affiche un débit moyen horaire de 4 300 m³.

Les pêcheurs professionnels aux petits métiers pratiquent l'ensemble de la zone de la pointe de l'Eperon au cap Sicié. Les filets et les palangres sont toutefois majoritairement posés sur les remontées rocheuses de Sicié et autour des îlots des Deux Frères (obs. pers.).

Par ailleurs ces deux derniers sites, ainsi que l'épave de l'Arroyo au Sud-Est des Deux Frères sont particulièrement recherchés par les plongeurs sous-marins, pour leurs caractéristiques paysagères et écologiques.

La zone comprise entre la pointe de l'Eperon et le cap Vieux est comprise dans la ZNIEFF 83M08 pour ses falaises, tombants et éboulis sous-marins. Les îlots des Deux Frères sont intégrés dans la ZNIEFF 83M09 pour leurs intérêt écologique et paysager.

5.2.6.2 Contexte physique

La morphologie littorale, de la pointe de l'Eperon au cap Sicié, est constituée de falaises rocheuses accore, prolongement vers la mer d'un massif qui culmine à 365 m d'altitude (Notre Dame du Mai). Les phyllades du massif de Sicié (Paléozoïque métamorphique) sont apparentés à la Provence cristalline (Jeudy de Grissac & Tiné, 1980).

La côte rocheuse, et les falaises verticales sont inaccessible depuis la terre. Le débarquement par la mer est rendu périlleux, par l'absence de replats, ainsi que par le nombre importants de hauts fonds et de rochers émergents situés dans le prolongement des pointes et dans le fond des criques.

La morphologie sous-marine est à l'image du linéaire de côte, on retrouve un socle rocheux de forte pente (20% environ, Astier & Taillez, 1978), parsemé de blocs de toutes tailles (jusqu'à plusieurs mètres de diamètre) ainsi que de zones d'éboulis. La pente rocheuse se termine, à 60 m de distance de la côte et à 10 m de profondeur, sur un fond sableux qui présente une déclivité plus douce. Dans les criques, le fond sableux est sub-horizontale, de gros blocs rocheux, issus de l'érosion des falaises, sont posés sur le sable et remontent jusqu'à la surface, interdisant l'accès à la côte.

Le courant géostrophique général, orienté de l'Est vers l'Ouest, passe à faible vitesse (0.4 nds) au large de St-Mandrier et du cap Sicié au niveau duquel il s'accélère. Ce mouvement donne un contre courant, orienté de l'Ouest vers l'Est, au voisinage du littoral dans la baie des Sablettes (Blanc & Jeudy de Grissac, 1978).

5.2.6.3 Contexte biocénotique

5.2.6.3.1 les herbiers de phanérogames

Le long du littoral rocheux accore de la pointe de l'Eperon au cap Sicié l'herbier à *Posidonia oceanica* occupe une bande étroite, entre 12 et 28 m de profondeur en moyenne. C'est un herbier clairsemé de vitalité moyenne qui présente des traces de régression anciennes et actuelles, le long de ses limites inférieures et supérieures (Astier & Taillez, 1978 ; Astier *et al.*, 1983 ; Charbonnel *et al.*, 1999).

La limite inférieure, située autour de 28 m de profondeur est de type régressive (d'après les critères de Meinesz & Laurent, 1978). L'herbier est morcelé, constitué de touffes et îlots en alternance avec de la matre morte. Le long de cette limite, les rhizomes sont majoritairement plagiotropes, mais de petite taille, et l'herbier présente globalement un faible recouvrement, (15 % en moyenne), et des densités anormales à normales (selon les critères de Pergent-Martini, 1994 et Pergent *et al.*, 1995). Quelques faisceaux isolés subsistent jusqu'à 32 m de profondeur sur des étendues de matre morte (Charbonnel *et al.*, 1999). Les signes de dégradation de l'herbier le long de sa limite inférieure peuvent être attribués à un contexte de turbidité générale de la zone, de part la présence du rejet de Sicié, toutefois, la pression du chalutage illégal¹³ sur l'herbier semble incontestable (DDE Var comm. pers.).

La limite supérieure de l'herbier, située à 12 m environ de profondeur est également de type régressive. L'herbier débute, à quelques mètres du pied de falaise, sur une zone de sable grossier bien calibré, sous l'influence de l'hydrodynamisme qui est très élevé dans ce secteur (ripple-marks de 10 à 15 cm de hauteur, orientés au 240° soit perpendiculairement à la côte). L'herbier est très morcelé, et se présente sous la forme d'une mosaïque de taches et îlots juxtaposés sur de la matre morte recouverte de sable. Du fait de l'hydrodynamisme les taches d'herbier présentent du relief et sont surélevées d'environ 20 à 30 cm sur la matre. Le recouvrement est relativement faible (30 % en moyenne), les densités sont normales pour la profondeur. Entre les touffes de posidonie, des petits chenaux d'érosion ont été façonnés par les courants.

L'herbier de posidonie s'interrompt localement entre le cap Vieux et le cap Sicié, au droit de l'ouvrage de la station d'épuration AMPHITRIA.

A l'Est du cap Sicié, entre la côte et les îlots des Deux Frères, l'herbier présente une extension bathymétrique plus en conformité avec le contexte général de la zone : il débute, à partir de 4 m de profondeur, en placage sur un substrat essentiellement rocheux, composé de blocs et d'affleurements parfois de grandes tailles. En limite supérieure le recouvrement est important (supérieur à 60 %) et les densités sont subnormales supérieures. L'herbier s'étend, au Nord-Est des îlots des Deux Frères, sur un substrat constitué de sable grossier et d'affleurement rocheux au-delà de 30 m de profondeur. La limite inférieure est franche, sur sable et matre morte et ne présente pas de signes de régression.

¹³ Dans le quartier maritime de Toulon, sur 302 pêcheurs inscrits en 1998, 72 pratiquent le guangui, dont 12 dans la prud'homie de Toulon et 8 à la Seyne/mer - St Mandrier. La législation nationale interdit le chalutage à moins de 3 milles des côtes. Dérogation est faite pour le quartier de Toulon où il est autorisé au delà de 13 m de profondeur, toutefois la proximité de l'émissaire en interdit la pratique dans cette zone.

5.2.6.3.2 les petits fonds rocheux

Les falaises accores du littoral se prolongent sous l'eau avec une forte pente (supérieure à 20%), et déterminent un paysage de parois subverticales, de failles et de surplombs qui prennent pied sur un substrat de sable grossier, bien calibré sous l'influence de l'hydrodynamisme. Les interstices sont nombreux dans la roche, et constituent des abris pour de nombreuses espèces animales vagiles (mobiles) qui évoluent parmi les peuplements fixés (éponges encroûtantes, bryozoaires, anémones). Les mollusques nudibranches, ou limaces de mer, sont très fréquemment observées, en particulier la Coryphelle mauve (*Coryphella pedata*), la Flabelline mauve (*Flabellina affinis*) ou encore le Doris dalmatien (*Peltodoris atromaculata*). La grande porcelaine (*Luria lurida*), espèce à forte valeur patrimoniale, peut également être rencontrée.

Parmi les poissons observés à proximité immédiate des failles et surplombs, l'Apogon (*Apogon imberbis*), les petites Rascasses (*Scorpaena porcus*) et les Castagnoles (*Chromis chromis*) sont les plus fréquents. Les Murènes (*Muraena helena*) sont également nombreuses dans les cavités des surplombs rocheux. La Murène peut être considérée comme vulnérable, ses populations sont en déclin du fait de la chasse sous-marine (M. Verlaque, comm. pers.).

Les peuplements de poissons des zones rocheuses reflètent bien, d'une part le niveau de pression des activités humaines de pêche, et d'autre part les capacités de récupération d'un site. En particulier, les peuplements ichtyologiques des zones protégées présentent de nettes différences en terme de fréquence, taille moyenne, taille maximale et comportement des individus, par rapport aux zones non protégées. Ce phénomène est particulièrement évident chez des espèces les plus sensibles à la prédation humaine dites « espèces cibles », parmi lesquelles on peut citer le Mérou, le Corb, le Denti ou la Dorade mais également des espèces plus banales comme les Sars, la Girelle et les Serrans. Ces dernières espèces sont indicatrices de l'effort de la pêche à la ligne, les autres indiquant plus particulièrement l'impact de la chasse sous-marine (Harmelin *et al.*, 1995).

5.2.6.3.3 les peuplements du coralligène profond

Les sites de coralligène profond de ce secteur sont majoritairement situés dans sa partie Sud, entre le cap Sicié et les îlots des Deux Frères. Les remontées rocheuses ("sèches") du cap Sicié, qui débutent sur le sable à 43 m de profondeur et remontent à 4 m par plateaux successifs, sont des sites exceptionnels, tant par leur esthétique paysagère que par la qualité biologiques de leur peuplements. Les peuplements, de Gorgones rouges *Paramuricea clavata*, oranges *Eunicella cavolinii*, et blanches *E. singularis*, s'étalent des roches les plus profondes jusque vers 10 m de profondeur, en formant des tapis colorés. Ces peuplements, de densités très importantes, semblent avoir échappé aux grandes vagues de mortalité observées durant les périodes estivales (épizootie de l'été 1999 en particulier) sur l'ensemble de la Méditerranée occidentale, et présentent une bonne vitalité apparente. Le Corail rouge (*Corallium rubrum*), espèce exploitée commercialement, inscrite dans l'annexe III de la convention de Berne, est également abondant à partir de 15 m de profondeur. De nombreux grands individus d'*Axinella polypoides* l'éponge corne de cerf (jusqu'à 50 cm de haut), espèce rare, et des vastes placages de *Parazoanthus axinellae* l'anémone encroûtante jaune, ajoutent une note colorée à ces paysages.

Les zones du coralligène les plus riches en poissons sont celles qui présentent une grande abondance en abris (éboulis, coralligène construit) et qui sont soumises à des courants fréquents. C'est le cas des remontées rocheuses du cap Sicié, soumises, par leur emplacement géographique, de façon continue à un courant fort et régulier. On y observe une grande abon-

dance de sparidés : Sars communs (*Diplodus sargus*) et Sars à tête noire (*D. vulgaris*) en bancs importants (individus de 25 à 30 cm), Pagres (*Pagrus pagrus*), Canthares (*Spondylionoma cantharus*) et Dentis (*Dentex dentex*) parfois de grandes tailles. On note également la présence de Mérour (*Epinephelus marginatus*, individus de 60 à 70 cm), espèce protégée, et le passage en été de grandes Sérioles (*sériola dumerlii*) et de bancs de Barracudas (*Sphyrenea viridensis*, S. Sartoretto et S. Ruitton, comm. pers.). Parmi les poissons les plus typiques du coralligène, on note également le Chapon (*Scorpaena scrofa*), la Mostelle (*Phycis phycis*), la Murène (*murena haelena*) et deux espèces très remarquables par leur couleur, le Barbier (ou castagnole rouge *Anthias anthias*), qui arbore un très beau rose-orangé, et l'Apogon (*Apogon imberbis*) qui, lui, porte un rouge cardinal éclatant.

Les traces d'une forte pression de pêche professionnelle et de loisir sont observées sur ces sites : nombreux filets et lignes abandonnés, nombreuses embarcations de pêche en surface, etc.

Les îlots des Deux Frères sont bordés de tombants rocheux, au Sud-Est, et de gros éboulis, au Nord-Ouest, qui se prolongent jusqu'à 38 m de profondeur et terminent sur un fond sableux. Ce site offre une diversité architecturale très intéressante, avec l'alternance de plateaux rocheux et de parois verticales. Les zones d'éboulis forment une multitude d'abris, de taille variée, pour la faune vagile.

On trouve sur les plateaux et le long des tombants rocheux l'essentiel des espèces du coralligène profond, comme les peuplements de Gorgones rouges et oranges (*Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolinii*), grands bryozoaires dressés, éponges, etc., qui s'étendent de 15 m de profondeur jusqu'au pied du tombant, à 38 m de profondeur, mais présentent un développement moyen. En revanche, les peuplements de Corail rouge (*Corallium rubrum*) y sont particulièrement développés, et présentent une densité remarquable, bien que la taille des colonies reste faible (5 à 10 cm en moyenne, 15 à 20 cm au maximum).

Les zones d'éboulis, sur la façade Est des îlots, sont plutôt le domaine de prédilection des poissons et des grands invertébrés mobiles. Plusieurs espèces protégées ou d'intérêt patrimonial ont pu y être observées telles que plusieurs individus de mérour brun (*Epinephelus marginatus*), le corb (*Sciaena umbra*) ou encore un individu de grande cigale (*Scyllarides latus*), langoustes (*Palinurus elephas*) et un oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*). On note une abondance particulière des peuplements de poissons : Sparidés (sars), Scorpaenidés (rascasses, chapons), autour des zones d'éboulis (S. Ruitton, comm. pers.)

L'Arroyo est un navire citerne, lancé en 1921, et coulé par la Marine Nationale en 1953 pour servir de base d'entraînement aux plongeurs du GERS (Marine Nationale). La poupe gît à 36 m de fond, la proue fracassée sur un écueil rocheux est très dégradée. L'intérêt de l'épave, sur un plan écologique, réside essentiellement dans les peuplements de Gorgones rouges relativement bien développés. Le trou de la cheminée sert d'abris à plusieurs congres, les sars et les castagnoles se regroupent autour de l'épave.

5.2.6.3.4 substrats observés de la pointe de l'Eperon au cap Sicié

Les substrats sont majoritairement rocheux le long du massif du cap Sicié (Tab. XIII).

Tableau XIII : types de substrats rencontrés entre la pointe de l'Eperon et le cap Sicié, incluant le secteur des Deux Frères, de la surface à 50 m de profondeur.

Types de substrat	Faiblement représenté	Surface comprise entre 30 et 50%	Dominant
Fonds rocheux à biocénoses photophiles			
Sable grossier bien calibré			
Roches profondes à peuplements du coralligène			
Détritique côtier			

5.2.6.3.5 espèces remarquables

Dix huit espèces protégées ou présentant un statut patrimonial particulier ont été répertoriées dans la zone de Sicié-Deux Frères (Tab. XIV). Leur présence se révèle caractéristique des secteurs de la zone d'étude les plus riches en terme de biodiversité.

Tableau XIV : espèces remarquables (protégées ou d'intérêt patrimonial observées dans le secteur de Sicié-Deux Frères).

Phanérogames	<i>Posidonia oceanica</i>	Posidonie
Algues	<i>Lithophyllum byssoides</i> <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i>	Algue du trottoir Cystoseire
Spongiaires	<i>Axinella polypoides</i> <i>Spongia officinalis</i>	Eponge corne de cerf Eponge fine grecque
Coelentérés	<i>Corallium rubrum</i> <i>Eunicella cavolinii</i> <i>Eunicella singularis</i> <i>Paramuricea clavata</i> <i>Microcosmus sabatieri</i>	Corail rouge Gorgone jaune Gorgone blanche Gorgone pourpre Violet
Echinodermes	<i>Centrostephanus longispinus</i>	Oursin diadème
Mollusques	<i>Pinna nobilis</i> <i>Luria lurida</i>	Grande nacre Grande porcelaine
Crustacés	<i>Palinurus elephas</i> <i>Scyllarides latus</i>	Langouste Grande cigale
Poissons	<i>Epinephelus marginatus</i> <i>Muraena helena</i> <i>Sciaena umbra</i>	Mérou brun Murène Corb

5.2.6.3.6 intérêt paysager

La richesse spécifique des peuplements du coralligène profond se traduit par des paysages sous marins remarquables, en grande partie composés de peuplements de gorgones rouges et orange, très appréciés des plongeurs sous-marins. Les sites des remontées rocheuses de Sicié et des îlots des Deux Frères constituent sans aucun doute le principal attrait paysager de ce secteur.

La "sèche" de Sicié arrive à proximité de la surface (4 m de profondeur), elle est constituée d'un ensemble de remontées rocheuses qui s'étendent essentiellement vers le Sud-Est en formant des indentations. Au Sud-Ouest du sommet, une succession de plateaux sub-horizontaux

(15 m et 20 m de profondeur), colonisés de gorgones et de corail ainsi que de touffes d'herbier de posidonie en placage, débouche sur un second sommet. Ce dernier, à l'apparence d'un "pain de sucre", prend pied sur du sable clair, à -42 m, et culmine à -15 m. Ses parois sont littéralement tapissées de peuplements denses de Gorgones rouges. La ronde des poissons de pleine eau (séroles, barracuda) et des espèces erratiques comme les dentis et les pagres, ajoutent la touche finale à ce remarquable paysage. Le fort courant présent en permanence rend toutefois difficile l'accès, en toute sécurité, à ce site de plongée.

Les paysages sous-marins autour des îlots des Deux Frères présentent également une diversité architecturale intéressante : au Sud-est, un large plateau rocheux, colonisé par des espèces dressées du coralligène (grandes éponges, forêt de gorgones oranges et de gorgones blanches) s'achève par un tombant sub-vertical qui domine un fond de sable, à 38 m de profondeur. Dans la partie basse, les peuplements de gorgones rouges sont relativement peu développés. Les anfractuosités du tombant abritent de nombreuses colonies de Corail rouge, et servent de refuge aux rascasses, apogons, petits labridés, espèces necto-benthiques, ainsi qu'aux espèces cryptiques comme les murènes. Sur les faces Est et Nord des îlots on retrouve un paysage de grands éboulis, qui plongent vers le sable. Sous les blocs se cachent les grands invertébrés, langoustes, cigales, poulpes, ainsi que plusieurs individus de mérous bruns et congres. D'importants bancs de Sparidés (sars) évoluent à quelques mètres des éboulis.

Les petits fonds rocheux du secteur constituent également des fonds sous-marins attrayants, tant d'un point de vue paysager, qu'écologique. Ils s'étendent de la surface jusqu'à 12 m de profondeur. La roche, de forte pente, est particulièrement découpée (falaises accores, érodées par les battements des vagues, qui forment des failles et des cavités) en particulier entre la pointe de l'Eperon et le cap Vieux. On trouve également de nombreux éboulis de toutes tailles, résultat de l'érosion des falaises, posés sur le sable, au pied de la pente dans le fond des petites criques ainsi que dans l'herbier. A l'Est du cap Sicié et autour des îlots des Deux Frères, l'herbier forme des langues qui remontent en placage sur la roche et dans les vallées formées par les blocs. Un herbier de posidonie sur des roches accidentés est un paysage de qualité, en particulier en eau claire. Par ailleurs, la présence de l'herbier dans ces petits fonds est un signe de qualité du milieu (en cas de déséquilibre les zones d'herbier sur roche régressent beaucoup plus vite que l'herbier installé sur substrat meuble).

Cette hétérogénéité structurale favorise la diversité et la richesse écologique en offrant de nombreux substrats aux organismes fixés, ainsi que de la nourriture et des abris aux crustacés et aux poissons. Cette richesse biologique, l'abondance des petits poissons de roche, des échinodermes (oursins, étoiles de mer) et des mollusques (poulpes, seiches, nudibranches), la luminosité et les couleurs des peuplements d'algues photophiles, des tapis d'éponges et des gorgones présentes à faible profondeur, font des petits fonds rocheux un paysage sous-marin intéressant (Tab. XV). Leur accessibilité à tous est un critère supplémentaire pour en faire le lieu privilégié des plongeurs sous-marins débutants, ou de la pratique de la plongée libre (sentiers de découvertes marin).

Tableau XV : classification des sites de plongée du secteur compris entre la pointe de l'Eperon et le cap Sicié selon les critères paysagers retenus par Boudouresque, 1996.

Sites de plongée	Richesse biologique perçue par le plongeur	Qualité du décor	Difficulté d'accès
Sèche de Sicié	+++	+++	+++
Tombants des Deux Frères	+++	++	+
Epave de l'Arroyo	++	++	++
Roche littorale photophile	+	+	-

5.2.6.4 Contexte qualité du milieu

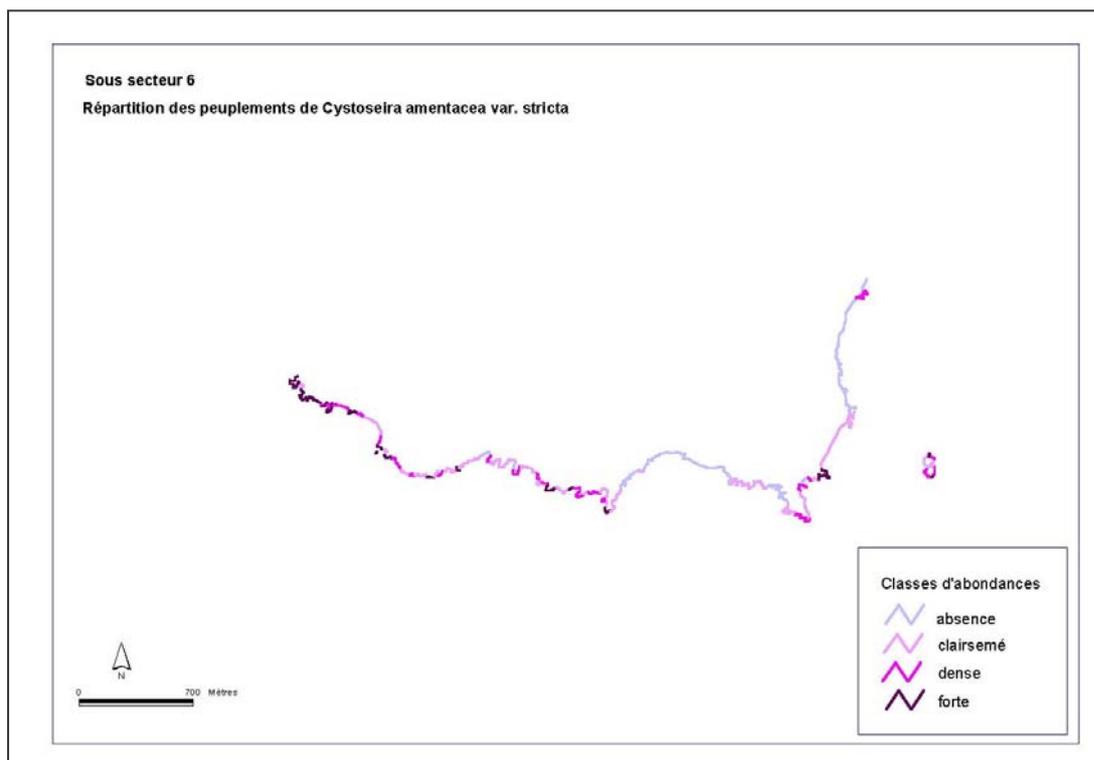
5.2.6.4.1 peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

Le suivi des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral (Tab. XVI) revêt une importance particulière dans ce secteur soumis à l'influence directe du rejet urbain de Sicié (pollution de surface).

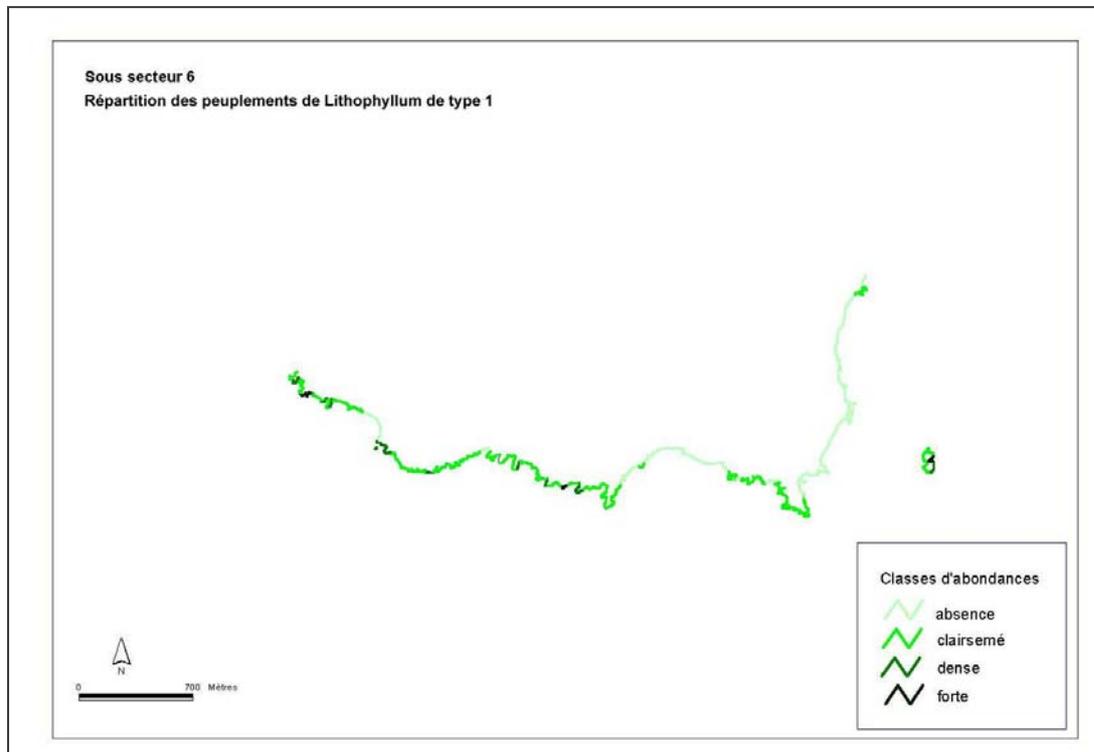
Tableau XVI : nombre d'entités linéaires de 50 m par classe d'abondance (de 0 à 5) et densités linéaires en pourcentage sur l'ensemble du secteur pour chaque espèce ou groupe d'espèces échantillonnés (*Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; *Lithophyllum byssoides* de types I et II ; *Corallina elongata* ; *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp., *Rissoella verruculosa*).

Classes d'abondance	Cystoseire	Lithophyllum I	Lithophyllum II	Coralline	Ulves Entéromorphes	Rissoelle
0	30	39	143	1	90	42
1	19	51	0	0	20	5
2	40	37	2	0	19	31
3	30	14	0	6	14	46
4	23	4	0	31	2	16
5	3	0	0	105	0	5

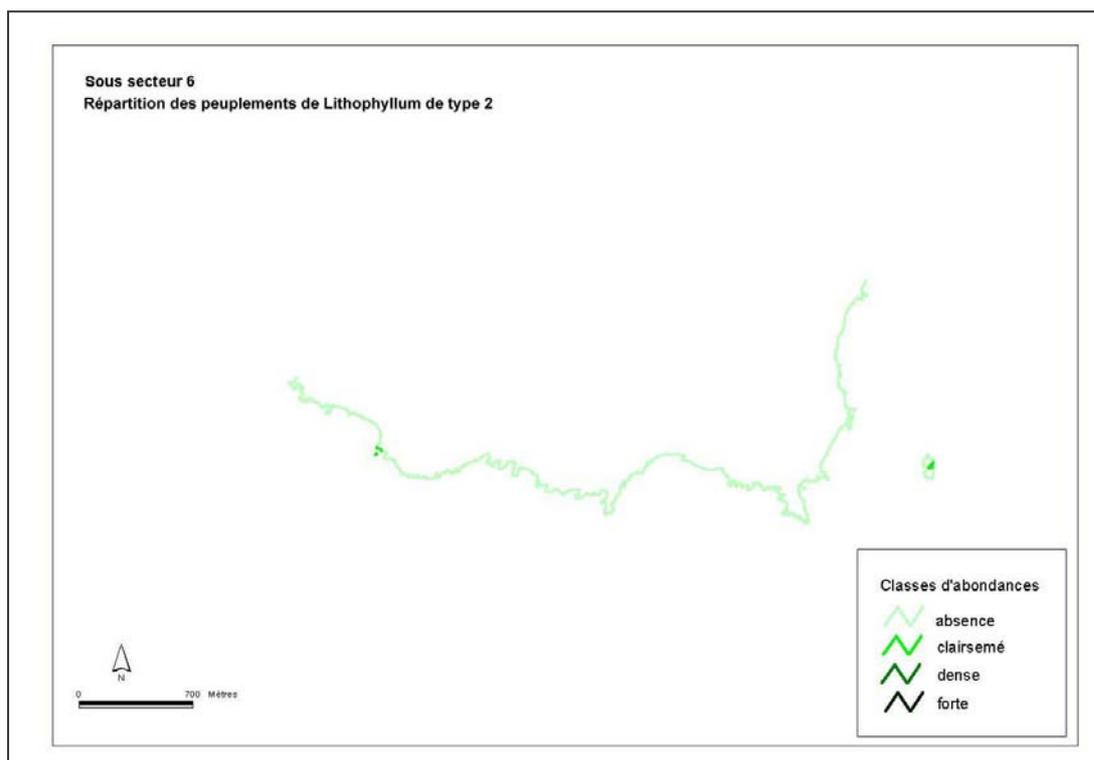
Densités linéaires (%)	Cystoseire	Lithophyllum I	Lithophyllum II	Coralline	Uves Entéromorphes	Rissoelle
Absence (0)	20	27	99	2	62	29
Clairsemés (1 – 2)	41	61	1	0	27	25
Moyenne (3)	21	10	0	4	10	32
Forte (4 – 5)	18	3	0	94	1	14



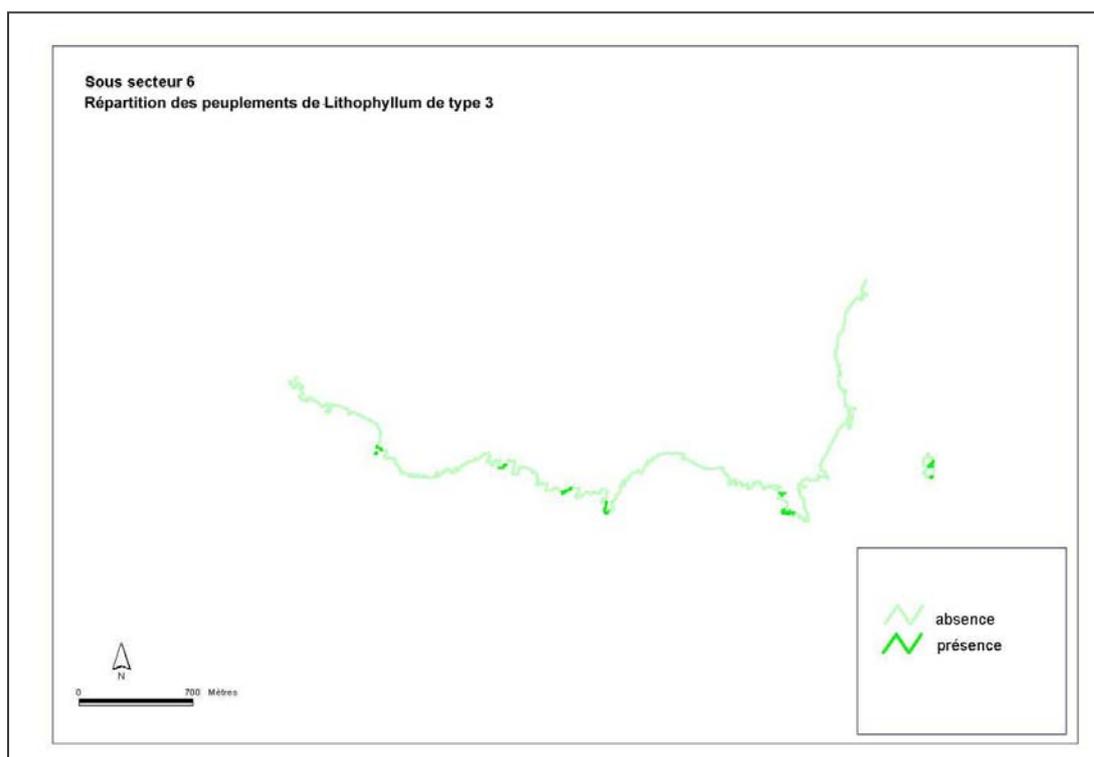
Carte 8. Abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* var. *stricta*



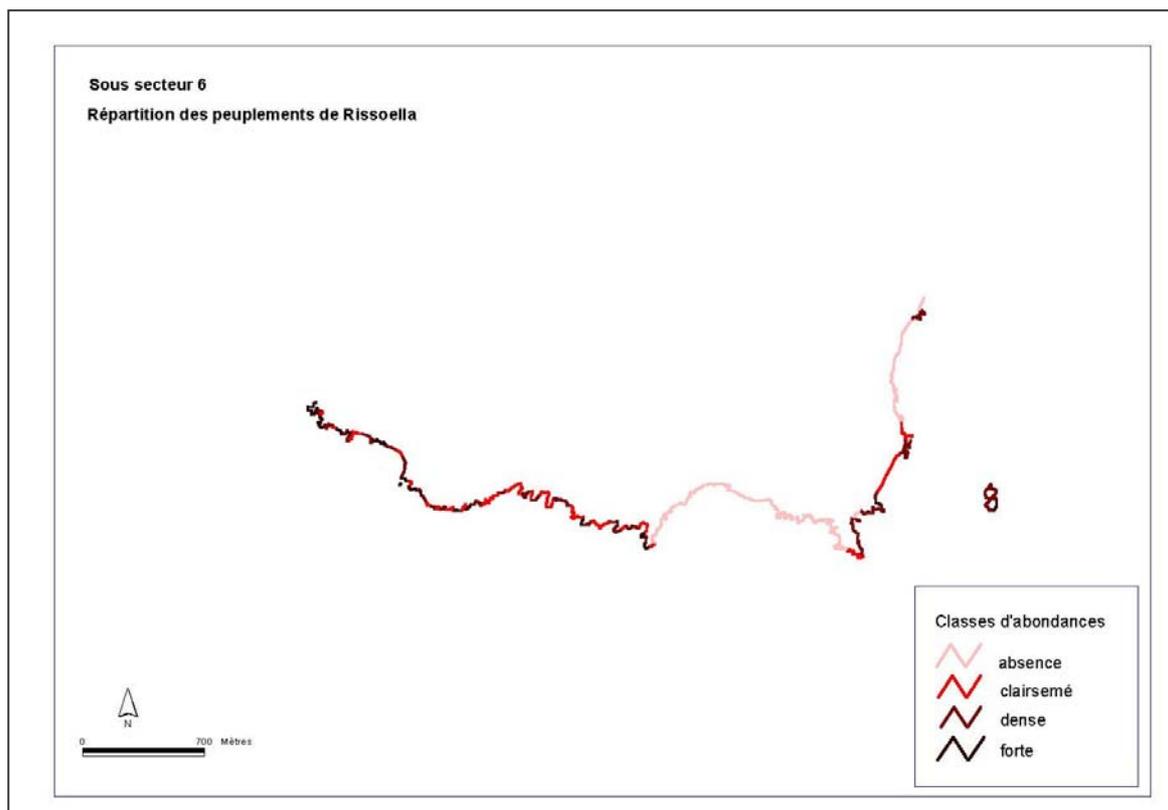
Carte 9. Abondance des peuplements de *Lithophyllum* de type I



Carte 10. Abondance des peuplements de *Lithophyllum* de type II



Carte 11. Abondance des peuplements de *Lithophyllum* de type III



Carte 12. Abondance des peuplements de *Rissoella verruculosa*

La ceinture de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* se présente de façon quasi continue, de la pointe de l'Eperon au cap Sicié, ainsi que tout autour des îlots des Deux Frères, avec des peuplements clairsemés et une densité linéaire moyenne (respectivement 41 et 21% des entités). Les densités linéaires fortes (18% des entités) sont localisées sur les caps et les pointes rocheuses. Seuls les environs immédiats de la station d'épuration de Sicié sont vides de tout peuplement, dans un rayon de 300 m environ.

L'algue calcaire *Lithophyllum byssoides* est présente sur la plus grande partie du secteur sous forme de bourrelets non coalescents (type I) (seules 27% des entités ne sont pas colonisées), avec des peuplements clairsemés (61% des entités) et une densité linéaire moyenne (10% des entités). Les fortes densités linéaires (3% des entités) concernent les fonds de criques. En revanche, 11 encorbellements à *Lithophyllum byssoides* (type III) ont pu être recensés entre la pointe de l'Eperon et les Deux Frères. C'est le seul secteur de la grande rade de Toulon où ce type de bioconstruction a pu être observé. Leur taille (longueur linéaire, épaisseur), ainsi que leur localisation et leur orientation sont détaillés ci-après (Tab. XVII) :

Tableau XVII : localisation et description des encorbellements de *Lithophyllum byssoides* observés dans le secteur compris entre la pointe de l'Eperon et le Cap Sicié.

Secteur	Description
Pte de l'Eperon	encorbellement en fond de faille 1m de long sur 50cm de profondeur, orientation sud-est
Cap Vieux	encorbellement en fond de faille 50cm de long, 30 cm de profondeur, orientation est
Cap Vieux	encorbellement en linéaire, 2m de long sur 1m50 de profondeur, orientation sud
Cap Vieux	encorbellement en fond de faille 50 cm de long, 30cm de profondeur, orientation est
Cap Vieux	encorbellement sur la face est de la pointe, 1m long sur 30cm de profondeur, orientation sud-est
Cap Vieux	encorbellement en fond de faille, 1m long, 40cm de profondeur, orientation sud
Sicié	encorbellement en fond de faille, 1m long sur 50cm de profondeur, orientation sud-est
Sicié	encorbellement entre deux pointes, 50cm de long sur 50cm de profondeur, orientation sud
Sicié	encorbellement coalescent (les deux faces se rejoignent) en fond de faille, 1m de long, 1m de profondeur, orientation sud
Sicié	encorbellement en fond de faille 1 m de long, 1m de profondeur, orientation sud
Sicié	encorbellement à la pointe, 1m long, 1m de profondeur, orientation sud
Deux frères	encorbellement 50cm long, 30cm de profondeur, orientation sud-est
Deux frères	encorbellement coalescent en fond de faille 70cm de long, 40 cm de profondeur, orientation est.

Le caractère ubiquiste de l'algue calcaire *Corallina elongata* lui permet de se développer sur la totalité du secteur d'étude, à l'exception des environs de la station d'épuration, avec de fortes densités linéaires (94 % des entités linéaires). *Rissoellea verruculosa* est également présente, avec des abondances moyennes à fortes (respectivement 32 et 4 % des entités) sur la plus grande partie du linéaire étudié.

Les algues à affinité nitrophile et à forte tolérance de salinité comme les Ulves et les Entéromorphes sont absentes de la majorité du secteur d'étude (62 % des entités). Elles sont présentes de part et d'autres de la station d'épuration.

L'ensemble de ces observations permet de conclure à un impact très localisé spatialement du rejet urbain sur les peuplements du médiolitoral et de la frange supérieure de l'infralittoral. Les espèces "sentinelles" comme *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, sont absentes des seuls environs immédiats de la station d'épuration, dans un rayon de 300 m environ. Au delà, ces peuplements retrouvent une densité normale pour le contexte hydrodynamique et géomorphologique de la zone (une forte pente ne favorise pas leur installation).

5.2.6.4.2 réseaux de surveillance

Trois points de suivi de l'herbier de Posidonie sont en place à l'Ouest de cap Sicié dans le cadre du Réseau de Surveillance Posidonie (RSP région PACA) ; deux en limite supérieure et un en limite inférieure. Le réseau institutionnel de la DDASS est présent au niveau de quelques sites de baignade. Par ailleurs, le réseau RINBIO a mis en place une station de suivi en 1996, reconduite en 2000, à l'Ouest du cap Sicié.

Enfin, au droit du rejet de la station AMPHITRIA, un programme de suivi écologique est en place (maître d'Ouvrage : SIRTEMEU).

5.2.6.5 Evolution des biocénoses

Entre la pointe de l'Eperon et le cap Sicié, l'herbier de posidonie présente des signes persistants de régression, tant le long de sa limite inférieure que de sa limite supérieure. Les causes peuvent en être multiples, d'un contexte général de turbidité du à la présence du rejet urbain de Sicié, à une pression excessive de chalutage. Dans la baie de Sicié, sous l'influence directe du rejet de l'émissaire urbain, Astier & Taillez (1978) signalaient déjà l'aspect très dégradé de l'herbier de posidonie. Les premières touffes de posidonie n'apparaissaient qu'à partir de 20 m de profondeur, espacées d'une dizaine de mètres. Elles tendaient à se rejoindre et devenaient plus denses, vers 28 m, pour former, jusqu'à 30 m de profondeur un herbier très dégradé avec des intermattes sableuses. Selon Astier *et al.* (1983) ce seraient 75 ha d'herbier de posidonie qui auraient été détruits par l'émissaire du cap Sicié. Les relevés sonar de la campagne POSICART (juillet 2000) indiquent la disparition totale de l'herbier de posidonie entre le cap Vieux et le cap Sicié et donc la persistance de sa dynamique régressive. En revanche, directement à l'Est du cap Sicié, l'herbier de posidonie présente des signes de bonne vitalité et une extension bathymétrique conforme à celles rencontrées d'une manière générale en Méditerranée occidentale. Sa limite inférieure, franche, ainsi que sa limite supérieure ne présentent pas de signes de régression.

Les peuplements de gorgones observés sur les remontées rocheuses de Sicié, présentent une densité et une vitalité remarquables. Ces peuplements semblent avoir échappés à la vague de mortalité observée sur l'ensemble de la Méditerranée occidentale durant l'été 1999, ainsi que sur des secteurs relativement proches (baie de La Ciotat). Une observation réalisée en fin de période estivale (septembre 2000), période du maximum d'observation de mortalité, a permis d'estimer à moins de 10 % le taux de nécroses sur les peuplements de *P. clavata* (S. Sartoretto, comm. pers.). Le fort hydrodynamisme et donc le brassage continu des eaux au niveau du cap Sicié, a pu diminuer l'impact du phénomène, comme il peut favoriser la régénération des peuplements de gorgones.

5.3 Analyse environnementale par secteur

A ce stade de la synthèse, il s'agit de résumer l'information acquise précédemment au niveau de chaque secteur et de l'exprimer en terme de sensibilité et de risque selon les trois niveaux de valeur prévus. Cette évaluation prend en compte les caractéristiques actuelles des différents composants biocénologiques retenus, en faisant abstraction des conditions antérieures qui ont prévalu à l'établissement de leur état actuel. Cet aspect dynamique est considéré ultérieurement.

La résultante est obtenue par simple sommation des valeurs respectives atteintes par secteur. Les nouvelles valeurs sont à leur tour classées selon trois niveaux pour conférer finalement à chacun des secteurs une **valeur globale de sensibilité et de risque** (Tab. XVIII et Tab. XIX).

Tableau XVIII : échelle de sensibilité de chaque secteur

Sensibilité	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Secteur 6
Herbier de Posidonie	-	+	++	++	+++	++

Herbier à Cymodocées	+++	-	-	-	-	-
Petits fonds rocheux	-	+	++	+++	+++	++
Peuplements du coralligène	-	-	+	-	-	+++
Paysages sous-marins	-	-	++	+	++	+++
F&F remarquables	+	+	++	+	++	+++
Peuplements du médiolittoral	-	+	++	++	+	+++
Résultante	4	4	11	9	11	16
Sensibilité globale	+	+	++	++	++	+++

Le secteur n°6 présente la plus forte sensibilité. Elle est essentiellement due à l'aspect remarquable et à la diversité des peuplements qui l'occupent. Les peuplements remarquables des secteurs n° 3, 4 et 5 sont moins développés ou déjà altérés (l'herbier de posidonie en particulier) ce qui leur confère une sensibilité que l'on peut qualifier de "moyenne" au regard du secteur 6. Par ailleurs, la diversité des biocénoses est moindre, les espèces de faune et flore remarquables sont par conséquent moins représentées.

Le secteur n°2 présente une sensibilité plus faible, due en majeure partie à la dégradation importante de l'herbier de posidonie, ainsi qu'à l'altération des petits fonds rocheux (artificialisation des côtes).

Enfin, le secteur n°1 présente également une sensibilité faible par la faible diversité des biocénoses représentées. Toutefois, l'herbier de Cymodocées, peuplement remarquable, espèce protégée, confère une certaine sensibilité à la baie du Lazaret et justifie que des mesures de gestion soient mises en place pour sa préservation.

Tableau XIX : échelle de risque pour chaque secteur

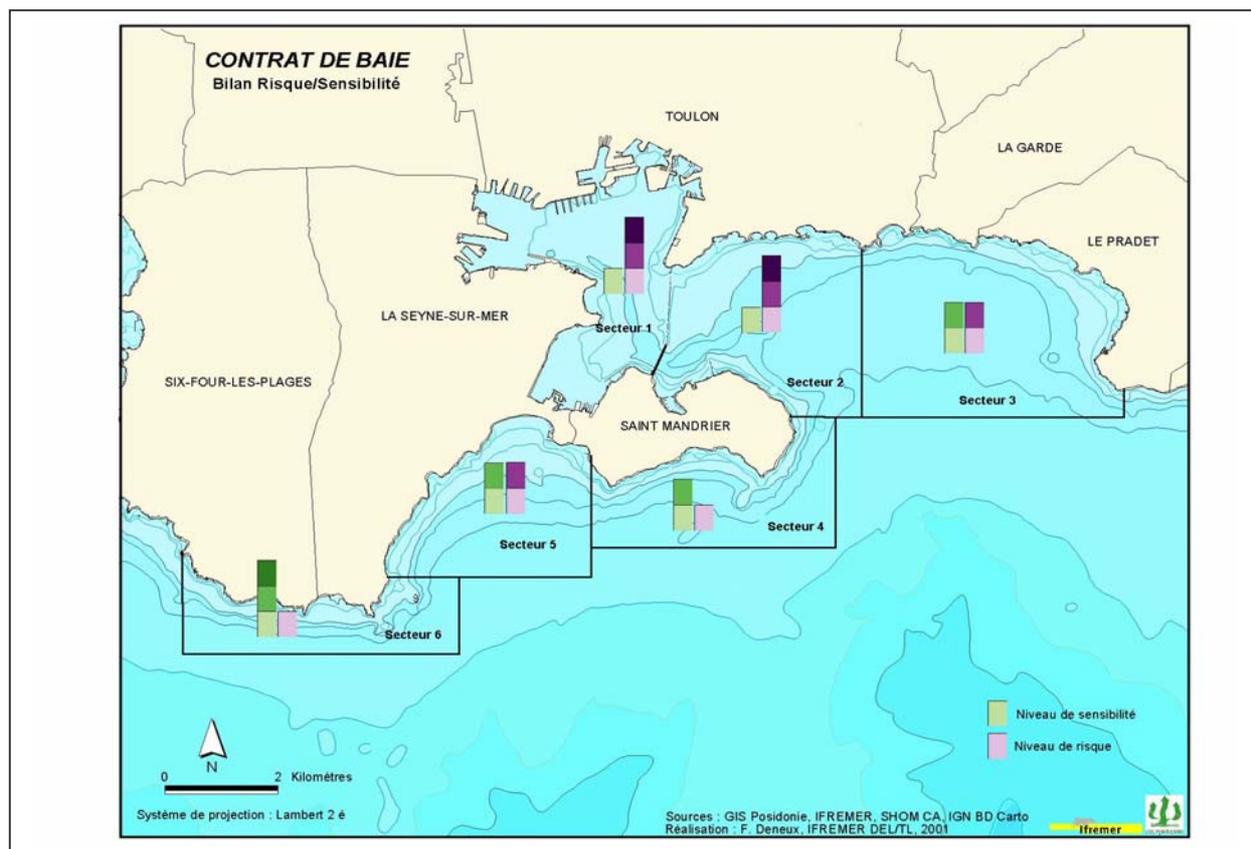
Risques	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Secteur 6
Aménagements côtiers (ports, terres pleines)	+++	+++	+	-	+	-
Occupation humaine (rejets et apports des zones habitées)	+++	++	+++	+	+	+++
Exploitation de ressources vivantes (poissons, crustacés, etc.)	+	++	+++	++	+++	+++
Industrie (zones industrialo-portuaires)	+++	-	-	-	-	-
Trafic maritime (marchandises, passagers)	+++	++	-	-	-	-
Activités militaires (zones réglementées)	+++	++	-	+++	-	-

tées)						
Tourisme (plages)	-	+++	+++	++	+++	-
Tourisme (plongée)	-	+	+	-	++	+++
Tourisme (plaisance)	-	++	++	-	+++	-
Cultures marines	+++	-	-	-	-	-
Caulerpe	++	+++	+++	-	-	-
Résultante	21	20	16	8	13	9
Risque global	+++	+++	++	+	++	+

Au vu des usages et activités développées dans la zone d'étude, ce sont les secteurs 1 et 2 qui comportent le plus d'éléments de risque, dus notamment aux activités industrialo-portuaires qui y sont prépondérantes. A un degré moindre, les secteurs 3 et 5 sont soumis à une pression anthropique moyenne. Le bilan global ainsi établi appelle les commentaires suivants (Tab. XX, carte 13) :

Tableau XX : bilan des rapports sensibilité / risque de chaque secteur

Secteur	Bilan sensibilité / risque	Commentaires situation / perspectives
N°1	+ / +++	Secteur de faible sensibilité et soumis à une forte pression anthropique qui a contribué à lui conférer cet état général dégradé. Les perspectives à envisager seraient de contenir voire diminuer les effets et impacts de cette anthropisation sur le milieu environnant, et en particulier sur l'herbier de Cymodocées.
N°2	+ / +++	Même situation globale que le secteur 1, due en partie à une forte influence de la situation critique de ce secteur adjacent, ainsi qu'à une pression anthropique propre (aménagement côtiers, pollution tellurique). Les perspectives peuvent cependant laisser envisager une restauration de certains sites « naturels » (Cap Brun) ou réhabilitation de certains autres « anthropisés » (Mourillon, B.A.N., Pipady).
N°3	++ / ++	Secteur de sensibilité moyenne soumis à un niveau de risque moyen. Ce type de situation laisse entrevoir des perspectives de maintien voire d'amélioration de la valeur biologique de certains segments en limitant les facteurs d'altération qui sont ponctuels (rejet de Ste Marguerite, port des Oursinières). Toutefois, l'expansion de <i>C. taxifolia</i> et <i>C. racemosa</i> constitue un facteur d'altération difficilement contrôlable des biocénoses en place.
N°4	++ / +	Secteur moyennement sensible soumis à de faibles risques. Un tel secteur se doit de pouvoir préserver ses richesses actuelles, d'autant que la pression anthropique n'est pas destinée à évoluer de façon critique.
N°5	++ / ++	Autre secteur de sensibilité moyenne soumis à un niveau de risque moyen. Sa configuration est cependant différente de celle du secteur 3, objet du même classement. Ses richesses actuelles se doivent d'être préservées, tout en veillant à ce que les activités qui peuvent les affecter, à savoir la fréquentation et la pêche plaisancière, la plongée et la chasse sous-marine soient contrôlées.
N°6	+++ / +	Secteur de forte sensibilité exposé à des risques faibles car très localisés (rejet du cap Sicié) ou résultant d'une activité traditionnelle (pêche aux petits métiers). Les perspectives qui s'imposent relèvent d'une protection prioritaire à mettre en place de façon à conserver l'intérêt ou la valeur des sites remarquables de ce secteur.

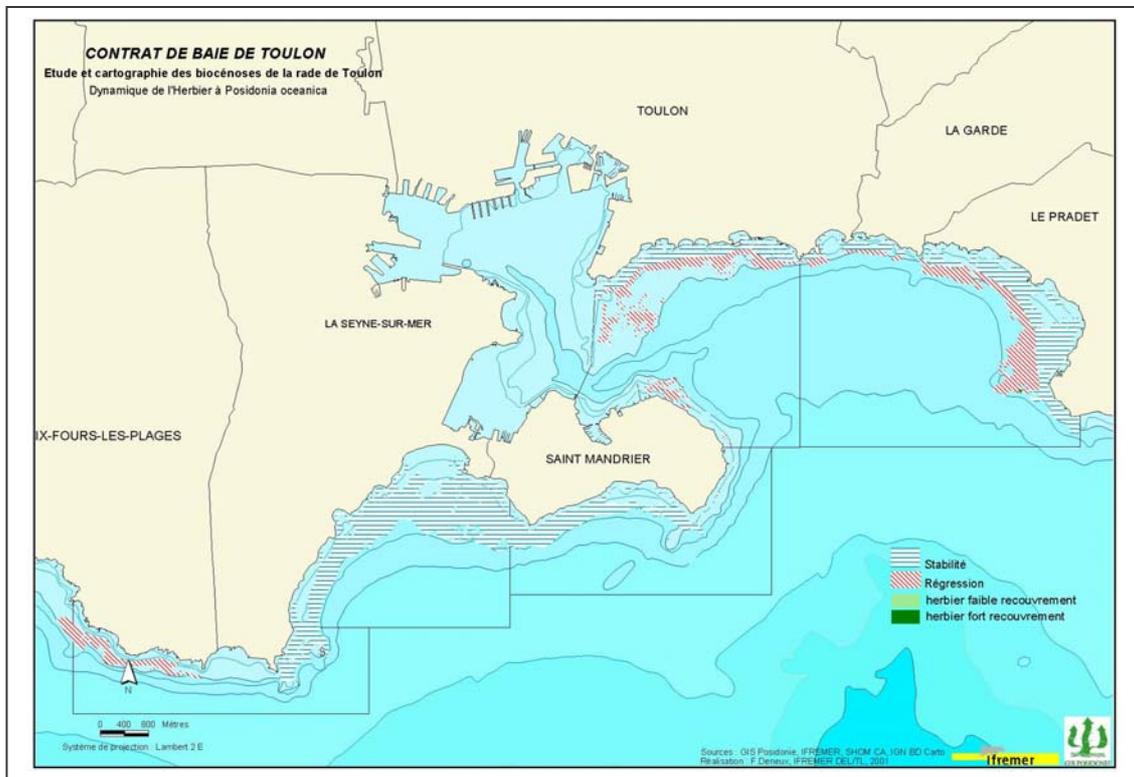


Carte 13 : classification des secteurs selon le rapport sensibilité / risques

En terme de dynamique des biocénoses, la synthèse suivante peut être avancée, en distinguant l'herbier des autres types de biocénoses (Tab. XXI, carte 14) :

Tableau XXI : synthèse de la dynamique des biocénoses

Secteurs	Dynamique de l'herbier à <i>P. oceanica</i>	Dynamique des autres biocénoses
Secteur n°1	absence	Stabilité, voire régression des herbiers de <i>Cymodocees</i> et <i>Zostères</i> ; expansion de <i>C. taxifolia</i> et <i>C. racemosa</i>
Secteur n°2	Stabilité voire régression en limite supérieure et en limite inférieure	Artificialisation des petits fonds rocheux ; expansion de <i>C. taxifolia</i> et <i>C. racemosa</i>
Secteur n°3	Stabilité voire régression en limite inférieure	Stabilité des petits fonds rocheux naturels ; expansion de <i>C. taxifolia</i> et <i>C. racemosa</i>
Secteur n°4	Disparition sur la face Est du Cap Cépet ; stabilité en limite supérieure et limite inférieure sur la face Sud de la presqu'île de St Mandrier	Stabilité des petits fonds rocheux naturels ; érosion des zones de matte morte
Secteur n°5	Stabilité	Stabilité des petits fonds rocheux naturels
Secteur n°6	Stabilité entre le cap Sicié et les Deux Frères ; stabilité voire régression en limite supérieure et inférieure sur la face Sud du massif de Sicié	Stabilité des petits fonds rocheux naturels ; peuplements du coralligène profond de bonne vitalité



Carte 14 : représentation synthétique de la dynamique de l'herbier à *P. oceanica*

Deux types de besoins sont mis en évidence : les uns relevant d'actions de suivi de compartiments biocénotiques en évolution favorable ou défavorable et les autres, relevant d'études complémentaires avant la définition d'actions de protection sur des sites à forte valeur patrimoniale.

Mesures de suivi :

- suivi de la dynamique d'évolution de l'herbier de posidonie :
 1. en limite supérieure dans une zone soumise à l'influence d'aménagements côtiers (le Mourillon),
 2. en limite inférieure dans une zone de régression soumise à l'influence d'un rejet urbain (Baie de la Garonne),
 3. dans l'herbier continu dans une zone soumise à une pression de mouillage forain,
 4. dans une zone de référence (anse des Sablettes).
- suivi de la dynamique des peuplements d'échinodermes et de poissons dans des zones rocheuses artificialisées (grande jetée, Mourillon) et naturelles (Deux Frères),
- suivi des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral dans les zones de peuplements denses, dans un contexte de pollution des eaux de surface (Sicié, baie de la Garonne) et dans des zones de référence (Marégau-Cépet),

- suivi des peuplements de gorgones dans les zones de peuplements denses et variés (Sèche de Sicié, Deux Frères).

Etudes complémentaires dans le sens de la mise en place d'un espace marin protégé dans la zone des Deux Frères et de la sèche de Sicié :

- évaluation des usages socio-économiques de la zone (plaisance, pêche, plongée et chasse sous-marine) qui peuvent occasionner une pression dommageable pour la qualité patrimoniale du site,
- inventaire plus exhaustif des peuplements et espèces remarquables (gorgones, corail rouge, mérou brun, grande nacre).

Les principes de ces nouvelles mesures sont récapitulés ci-dessous (Tab. XXII) et développées dans le § 5.2. suivant.

Tableau XXII : propositions de mesures de suivis et d'études complémentaires

Secteurs	Mesures existantes	Mesures proposées
N°1	RNO sédiment	
N°2	Carré permanent sur herbier et Caulerpe suivi jusqu'en 2001	Balisage de l'herbier en limite supérieure (digue extérieure du Mourillon) Reprise du carré permanent sur l'herbier et Caulerpe (anse Méjean) Suivi échinodermes et poissons (grande jetée et digues du Mourillon – cap Brun) Evaluation usages socio-économiques (grande rade)
N°3		Balisage de l'herbier en limite inférieure (pointe de la Garonne) Suivi des peuplements du médiolittoral (cap Brun – Oursinières) Evaluation usages socio-économiques (grande rade)
N°4		Suivi des peuplements du médiolittoral (Marégau – Cepet)
N°5		Balisage de l'herbier en limite inférieure (anse des Sablettes) Carré permanent sur l'herbier (Fabrégas) Evaluation usages socio-économiques (anse des Sablettes)
N°6	3 points du RSP (deux en limite supérieure, un en limite inférieure)	Suivi des peuplements du médiolittoral (Eperon – Sicié) Suivi échinodermes et poissons (Deux Frères) Suivi gorgones (Deux Frères – sèche de Sicié) Evaluation usages socio-économiques (Deux Frères) Création d'une Aire marine Protégée (Deux Frères – cap Sicié)

6 Propositions

6.1 Propositions de mesures de suivi du milieu marin

6.1.1 Mise en place de points de suivi de l'herbier de Posidonie

6.1.1.1 Balisages

L'herbier à *Posidonia oceanica* constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux. Très largement distribué sur tout le littoral méditerranéen, particulièrement sensible à la pollution et aux diverses agressions et nuisances liées aux activités humaines, l'herbier est solidaire

du fond et rend compte, par sa présence et sa vitalité mais aussi par sa régression, sur de longues périodes (mois, années), de la qualité du milieu. Il est donc possible d'utiliser l'herbier de Posidonie comme un **indicateur biologique de la qualité globale des eaux littorales et du milieu marin** environnant (Boudouresque *et al.*, 1990). Outre sa capacité à enregistrer certains paramètres physico-chimiques, l'herbier réagit également à d'autres paramètres susceptibles de le dégrader : aménagements et restructurations du littoral, rejets urbains et industriels, turbidité, desalure, modification de l'hydrodynamisme, pression de mouillage, chalutage, etc.

En 1984, suite à l'initiative du Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, a été créé le Réseau de Surveillance Posidonies (RSP) dont l'objectif est double :

- (i) la **surveillance à long terme** de l'évolution de l'état des herbiers de Posidonies de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ;

- (ii) l'utilisation de l'herbier comme **indicateur biologique** de la qualité globale des eaux littorales. Ainsi, la régression d'un herbier de Posidonies doit être considérée comme un indice de déséquilibre de l'écosystème marin pouvant résulter de pollution au sens large (aménagements, pollutions biologiques ou chimiques, etc.).

Entre 1984 et 1987, lors de la mise en place du RSP, 24 sites de surveillance ont été sélectionnés le long du littoral de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Depuis 1994, 9 autres sites ont été installés, ce qui porte à 33 le nombre de sites suivis actuellement. Les sites sélectionnés couvrent un éventail relativement complet des situations possibles :

(i) zones sensibles, avec une influence anthropique forte et où l'herbier de Posidonie est susceptible de régresser :

- zones à forte occupation du linéaire de côte, suite à divers aménagements littoraux (ports, digues, terre-pleins, plages alvéolaires) ;
- proximité de rejets en mer d'effluents urbains et industriels (rejet à la côte, par émissaire court, par émissaire à moyenne et grande profondeur) ;
- zones à hydrodynamisme modifié, suite à une restructuration du rivage.

(ii) zones intermédiaires, avec une influence anthropique moyenne, où l'herbier est généralement stable, mais également susceptible de régresser :

- zones de mouillages forains par les plaisanciers et chalutage illégal ;
- zones situées en périphérie proche de côtes restructurées et de rejets urbains ;
- zones sous influence de débouchés de cours d'eau et de bassins versants (lessivage des sols), entraînant une turbidité importante, permanente ou temporaire ;
- zones soumises à des déplacements sédimentaires et une érosion, liés à l'hydrodynamisme.

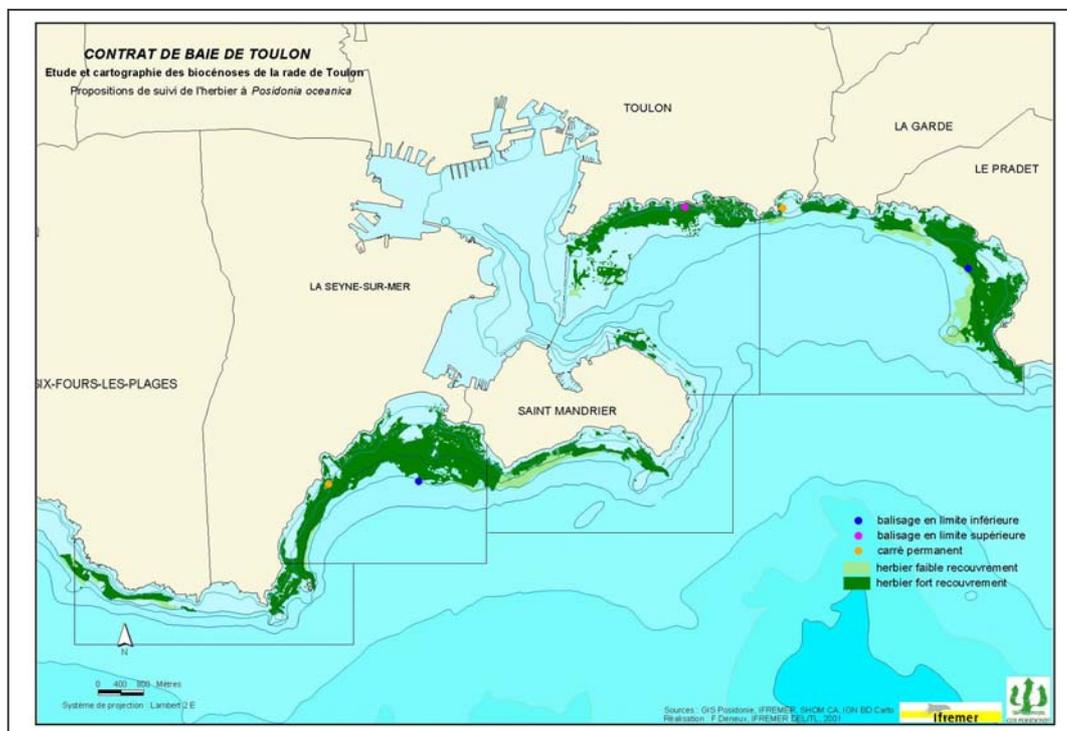
(iii) zones de référence, avec une influence anthropique faible et où l'herbier est susceptible d'être stable ou en progression :

- zones éloignées des aménagements côtiers et de rejets ;
- zones naturellement inaccessibles (côtes rocheuses, caps) ;

dynamique évolutive contrastée, mais qui globalement semble en régression, tant au niveau de sa limite supérieure (fortement morcelée), qu'au niveau de sa limite inférieure (Tab. XXIII).

Tableau XXIII : sites du RSP existants dans la zone d'étude. Coordonnées géographiques (latitude, longitude), profondeur et types de nuisances/facteurs de risque (rejets, aménagements, hydrodynamisme, etc). LS = limite supérieure, LI = limite inférieure, dernière tendance évolutive de l'herbier observée (1999).

Sites Choisis	Coordonnées Géographiques	Prof. (m)	Types de nuisances et facteurs de risques	Dernière tendance observée
Toulon-Cap Sicié (LS n°1)	43° 02' 59" 5° 50' 16"	12.7	Zone sensible : proximité rejet Toulon (Cap Sicié) et chalutage illégal	Régression ; situation contrastée avec régression pour la moitié des balises, et stabilité voire progression pour les cinq autres. Recouvrement moyen, densités normales.
Toulon-Cap Sicié (LS n°2)	43° 03' 37" 5° 49' 08"	12.2	Zone sensible : influence rejet Toulon (Cap Sicié) et hydrodynamisme (érosion de l'herbier et déplacements sédimentaires)	Stabilité ; situation contrastée avec régression pour deux balises mais stabilité pour 5 balises et progression pour deux balises Recouvrement moyen, densités normales.
Toulon-Cap Sicié (LI)	43° 02' 48" 5° 50' 13"	27.5	Zone sensible : proximité rejet Toulon (Cap Sicié) et chalutage illégal	Régression ; régression pour cinq balises, stabilité pour six autres balises, progression pour une balise. Recouvrement faible, densités normales.



Carte 15 : implantation des sites proposés de suivi de l'herbier

Pour la présente étude, l'analyse de l'ensemble des données recueillies sur l'herbier de Posidonie de la grande rade de Toulon, met en évidence l'absence d'une dynamique franche de recolonisation. La plupart des limites d'herbier sont en effet stables (anse des Sablettes) ou en régression (grande Rade). Ainsi, la zone d'herbier de la baie de la Garonne, qui est parmi les plus étendues de la zone d'étude, présente une régression importante de sa limite inférieure qui a reculé jusqu'à la profondeur de -22 m. C'est pourquoi il semblerait judicieux de mettre en place dans ce secteur, par exemple au droit de la pointe de la Garonne, un nouveau point de suivi de la limite inférieure de l'herbier. Ce secteur correspondrait à une **zone intermédiaire** selon les critères définis précédemment.

Par ailleurs, l'herbier de Posidonie situé au droit des aménagements du Mourillon a subi, par le passé, une très importante régression. Ses contours semblent actuellement stabilisés, tout au moins à faible profondeur, mais il serait toutefois intéressant de s'en assurer précisément *in situ* sur un suivi à long terme. C'est pourquoi nous proposons d'installer le balisage en limite supérieure au droit des aménagements du Mourillon, le long d'une zone de transition matre morte/herbier vivant. Ce secteur correspondrait également à **une zone intermédiaire**.

Enfin l'installation d'un balisage en limite inférieure dans une **zone de référence** permettrait de connaître la tendance évolutive de l'herbier de posidonie en dehors des principales influences anthropiques, et donc de pouvoir procéder à une analyse plus fine des facteurs de régression de l'herbier dans les zones intermédiaire et sensibles. C'est pourquoi nous proposons d'installer un troisième balisage, le long de la limite inférieure de l'herbier dans l'anse des Sablettes.

Balisage en limite supérieure

Localisation proposée : digue extérieure Mourillon, **zone intermédiaire**

point GPS de la zone : 894,769.69 E ; 1 796,011.31 N (Lambert II étendu). Cette localisation est approximative, une reconnaissance *in situ* est indispensable pour le positionnement précis des balises.

Profondeur : 6-8 m

Type de limite : régressive, stabilité des contours (observée à grande échelle) à confirmer localement

Objectif : dynamique d'évolution de l'herbier antérieurement détruit et encore directement concerné par les aménagements du Mourillon

Méthodologie adoptée : Réseau de Surveillance Posidonie (Région PACA/CQEL 13/CQEL83/Conseil Général 06/GIS Posidonie)

Pas de temps de suivi : deux à trois ans

Balisages en limite inférieure

En zone intermédiaire :

Localisation proposée : baie de la Garonne, au droit de la pointe de la Garonne

point GPS de la zone : 899,706.90 E ; 1 794,923.74 N (Lambert II étendu). Cette localisation est approximative, une reconnaissance *in situ* est indispensable pour le positionnement précis des balises.

Profondeur : 20-22 m

Type de limite : régressive, fort recul de la limite inférieure, actuellement située à -22 m.

Objectif : dynamique d'évolution de l'herbier soumis à l'influence de l'émissaire urbain de Ste Marguerite (100 000 EH).

Méthodologie adoptée : Réseau de Surveillance Posidonie (Région PACA/CQEL 13/CQEL83/Conseil Général 06/GIS Posidonie)

Pas de temps de suivi : deux à trois ans

En zone de référence :

Localisation proposée : anse des Sablettes

point GPS de la zone : 890,131.97 E ; 1 791,184.88 N (Lambert II étendu). Cette localisation est approximative, une reconnaissance *in situ* est indispensable pour le positionnement précis des balises.

Profondeur : 30 m

Type de limite : franche

Objectif : dynamique d'évolution de l'herbier dans une zone de référence

Méthodologie adoptée : Réseau de Surveillance Posidonie (Région PACA/CQEL 13/CQEL83/Conseil Général 06/GIS Posidonie)

Pas de temps de suivi : deux à trois ans

Maîtrise d'Ouvrage : deux possibilités sont envisageables, (i) maîtrise d'ouvrage assurée par la Région Provence Alpes-Côte-d'Azur, impliquant une intégration de ces trois points de suivi dans le Réseau de Surveillance Posidonie et donc la concertation préalable des partenaires, ainsi que le vote d'un budget supplémentaire correspondant à ces deux points ; (ii) maîtrise d'ouvrage assurée par le SIAT, budget propre, suivi non intégré directement au RSP, même si la méthodologie appliquée en est directement inspirée (ex : SIVOM du littoral des Maures, Ville de Marseille, Ville d'Hyères).

6.1.1.2 Micro cartographie de l'herbier de Posidonie - Carré permanent

La technique des carrés permanents permet de suivre l'évolution de l'herbier de Posidonie à microéchelle. Plusieurs carrés de ce type sont opérationnels en région PACA, comme notamment Marseille, golfe de Giens, littoral des Maures, etc.

La méthode utilisée pour le suivi des carrés permanents s'apparente à celle utilisée lors des fouilles archéologiques, pour le relevé d'une épave en place : il s'agit de matérialiser sur le fond un carré installé en permanence au moyen de balises. Les balises délimitent une surface à l'intérieur de laquelle est effectué un relevé micro-cartographique des limites et contours de

l'herbier de posidonie, et éventuellement des autres peuplements et/ou types de fond remarquables (tombant de mat, roches, sables, *etc.*). La comparaison avec les relevés successifs réalisés lors des suivis antérieurs permet de déceler précisément toute évolution de l'herbier (régression, progression ou situation stationnaire). Il s'agit d'un échantillonnage intégral de la structure spatio-temporelle du peuplement (Frontier, 1983). L'erreur de positionnement micro-cartographique est évaluée à 10 cm (Nieri *et al.*, 1986).

Les carrés permanents mesurent, de manière standardisée, 6 m de côté (soit une surface de 36 m²) et sont matérialisés par des bornes placées aux extrémités et à distances intermédiaires. A l'aide de drisses, le carré est ensuite divisé en 36 quadrats temporaires de 1 m de côté chacun (1 m²) et c'est à l'intérieur de ces quadrats temporaires que sont faites la micro-cartographie et les observations (typologie de l'herbier, position des rhizomes et mesure du déchaussement, type de fond, couverture algale, dénombrement du nombre de faisceaux dans les taches isolées, *etc.*). Une mesure de la surface occupée par l'herbier à l'intérieur du carré permanent est ensuite réalisée sur la base de la carte levée en plongée.

Nouveau carré permanent :

Localisation proposée : anse des Sablettes, secteur Fabrégas

point GPS de la zone : 888,553.45 E ; 1 791,132.53 N (Lambert II étendu). Cette localisation est approximative, une reconnaissance *in situ* est indispensable pour le positionnement précis des balises.

Profondeur : 10-12 m

Type d'herbier : morcelé, en mosaïque sur sable et mat

Objectif : dynamique de micro évolution de l'herbier soumis à une pression de mouillage (Roubaud, 1994)

Méthodologie adoptée : suivi standardisé des structures permanentes (Boudouresque *et al.*, 1986 ; Gravez *et al.*, 1988)

Pas de temps de suivi : deux ans

Reprise du carré permanent de l'anse Méjean :

Dans l'Anse Méjean, un carré permanent a été installé, en 1998, entre 13 et 16 m de profondeur, dans le cadre d'un programme d'étude européen (LIFE DGXI/Région PACA). Ce carré permanent, qui a fait l'objet de quatre suivis, en septembre 1998, décembre 1998, août 1999 et décembre 2000, est situé sur une zone d'herbier à *Posidonia oceanica*, colonisé par *Caulerpa taxifolia*, en mosaïque sur du sable et de la mat morte.

Le suivi de ce carré permanent a permis de mettre en évidence une régression globale de l'herbier de Posidonie, avec la disparition de nombreuses taches isolées entre 1998 et 2000, un retrait de ses marges ainsi que de son morcellement de l'intérieur même. Cette régression semble, en partie, due à l'expansion des colonies de *C. taxifolia* qui ont augmenté de surface, en gagnant sur la mat morte, le sable et des zones d'herbier de Posidonie (Ruitton *et al.*, 2001). Les nombreux autres facteurs de régression de l'herbier dans la grande rade doivent toutefois être également pris en compte (arts traînants, pollution urbaine, turbidité, *etc.*).

Le suivi de ce carré permanent serait à poursuivre en parallèle avec les autres mesures de suivi préconisées (balisages en limite inférieure et supérieure) de façon à pouvoir mieux analyser l'action spécifique de *Caulerpa taxifolia* sur la régression de l'herbier.

Localisation : anse Méjean, structure existante

Profondeur : 14 m

Type d'herbier : en mosaïque sur sable et matte, zone frontière avec la prairie à *Caulerpa taxifolia*, herbier colonisé lui-même par *C. taxifolia*

Objectif : dynamique de micro évolution de l'herbier face à l'expansion de *Caulerpa taxifolia*

Méthodologie adoptée : suivi standardisé des structures permanentes (Boudouresque *et al.*, 1986 ; Gravez *et al.*, 1988)

Pas de temps de suivi : deux ans

6.1.2 Propositions de mesures de suivi de l'herbier de Cymodocées

Les herbiers de Cymodocées et Zostères qui subsistent dans le fond de la baie du Lazaret entre la sub surface et 1 à 1.5 m de profondeur semblent être les derniers vestiges d'un "récif barrière" qui déterminait, en arrière, une biocénose lagunaire de sable vaseux de mode calme.. Le caractère saisonnier très marqué de ces phanérogames rend leur étude délicate. C'est pourquoi, il pourrait être intéressant d'évaluer et de suivre précisément l'extension de ces herbiers, à la période de plus forte végétation (fin de saison estivale).

6.1.2.1 suivi cartographique

La localisation précise des limites de plus grande extension des herbiers sera effectuée en plongée sous-marine. Leur report cartographique permettra leur suivi dans le temps.

Pas de temps du suivi : deux ans

6.1.2.2 transect permanent

Un transect permanent pourra être installé, de la côte vers le large, jusqu'à la limite inférieure des herbiers. Le suivi portera sur la caractérisation des herbiers de part et d'autre de l'axe de ce transect (fréquence des trois espèces considérées ; indice d'abondance moyen).

Pas de temps du suivi : deux ans.

6.1.3 Autres propositions de mesures de suivi

6.1.3.1 suivi des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

La zone de subsurface, et donc les peuplements qui s'y trouvent (on les nomme peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral) sont particulièrement exposés aux pollutions de surface, comme les rejets d'émissaires urbains ou les pollutions pétrolières. L'étude de leur répartition géographique, ainsi que leur suivi dans le temps, peut permettre de caractériser la qualité du milieu littoral (Bellan-Santini, 1966 ; Belsher, 1974, 1979), on parle

d'indicateurs biologiques et plus particulièrement d'espèces sentinelles (Pergent, 1991 ; Bel-lan, 1993 ; Boudouresque, 1995 ; 1996).

Parmi ces organismes, quelques espèces d'algues, aisément identifiables sont sélectionnées (*Cystoseira amentacea* var. *stricta*, *Lithophyllum byssoides*, *Corallina elongata*, *Ulva* spp., *Enteromorpha* spp.). La moule (*Mytilus galloprovincialis*) dont l'abondance peut parfois témoigner d'une charge en matière organique est proposée comme indicateur complémentaire. Leur suivi dans le temps peut permettre d'évaluer toute évolution future de ces peuplements, et contribuer à en déterminer les causes, anthropiques ou naturelles. Par ailleurs, la localisation géographique précise des secteurs d'observation (linéaire de 50 m, cf. rapport méthodologique) constitue une typologie qui peut être très utile aux gestionnaires de l'espace littoral.

Secteurs proposés : Eperon-Sicié – Maregau-Cepet – Cap Brun-Oursinières.

Milieu étudié : peuplements algaux du médiolittoral et frange supérieure de l'infra-littoral.

Objectif : suivi d'espèces sentinelles, sensibles à une altération globale de la qualité des eaux par pollution urbaine.

Méthodologie adoptée : en cours de standardisation (Augier et Boudouresque, 1976 ; Bianconi *et al.*, 1987 ; Mari *et al.*, 1998 ; Blachier *et al.*, 1998 ; De Vaugelas *et al.*, 1998 ; Meinesz *et al.*, 1999, 2001 ; Ballesteros *et al.*, inédit ; Soltan, 2001).

Pas de temps de suivi : deux ans.

6.1.3.2 suivi des peuplements d'échinodermes

L'inventaire qualitatif et quantitatif *in situ* des populations de macro échinodermes des fonds rocheux peuvent permettre de caractériser un secteur sur le plan de la pollution. Ainsi, l'influence d'une pollution domestique (charge en matière organique) se traduit par une forte augmentation de la densité globale des peuplements d'échinodermes, avec la prolifération de certaines espèces comme les oursins, qui s'accompagne d'une spectaculaire diminution des tailles moyennes (Harmelin *et al.*, 1981).

Secteurs privilégiés : Deux Frères – grande jetée – digues Mourillon-cap Brun.

Milieu étudié : peuplements d'échinodermes des fonds rocheux de l'infra-littoral superficiel (0 à 10 m de profondeur).

Objectif : suivi de distributions d'espèces indicatrices de milieu soumis à pollution urbaine.

Méthodologie adoptée : relevés qualitatifs et quantitatifs de 19 espèces de macro échinodermes (Harmelin *et al.*, 1981).

Pas de temps de suivi : deux ans.

6.1.3.3 suivi des peuplements de poissons

L'évaluation spatio-temporelle des peuplements de certaines espèces de poissons peut traduire la pression anthropique à laquelle sont soumis les sites littoraux. Ainsi, la pression de pêche, qu'elle soit professionnelle ou amateur se traduit par une modification de la démographie des peuplements (répartition des classes de taille ou classes d'âge) et la raréfaction de certaines

espèces selon le type de pêche pratiquée. Pour les espèces qui changent de sexe au cours de leur existence, ce qui est le cas de la plupart des espèces exploitées comme les sparidés, la surexploitation peut entraîner un déséquilibre du sex-ratio mettant en cause le renouvellement des peuplements.

La structure trophique des peuplements de poissons (répartition des espèces en fonction de leur régime alimentaire) peut mettre en évidence la dominance de certaines espèces, et permettre de caractériser la qualité globale de l'eau : par exemple on peut observer la dominance des espèces détritivores comme les mulets (Mugilidés), ou microphages et planctonophages comme les bogues (*Boops boops*), les obaldes (*Oblada melanura*), les mendoles (*Spicara* spp.) et les castagnoles (*Chromis chromis*) dans des eaux riches en matières organiques.

Une réflexion sur l'abondance des espèces sténothermes (à caractères thermophiles), peut également permettre, dans l'hypothèse d'une modification plus globale des conditions environnementales (réchauffement des eaux), de discerner les facteurs d'évolution propres à la zone d'étude, des facteurs plus généraux, communs à cette partie de la Méditerranée. Ainsi le suivi du ratio *Thalassoma pavo*/*Coris julis* peut renseigner sur la densification des peuplements de *T. pavo* (girelle paon), espèce à affinité méridionale, par rapport à l'espèce indigène *C. julis*.

Une modification de la qualité du milieu qui affecte l'herbier, peut également entraîner une modification des caractéristiques de l'habitat pour les poissons, et expliquer ainsi leur raréfaction en certains sites.

Secteurs proposés : îlots des Deux Frères – grande jetée – digues Mourillon-cap Brun

Milieu étudié : peuplements de poissons dans l'infralittoral

Objectif : suivi d'espèces sensibles à une pression de pêche et de chasse sous-marine

Méthodologie adoptée : Harmelin *et al.* (1995) sur l'utilisation d'espèces cibles. Espèces cibles de type A, particulièrement recherchées par les chasseurs sous-marins (par ex. *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*) ; espèces cibles de type B particulièrement vulnérables à la pêche à la ligne (*Coris julis*, *Serranus cabrilla*).

Pas de temps de suivi : deux ans

6.1.3.4 suivi des peuplements de gorgones

Les peuplements de gorgones sont confrontés à de multiples sources de nuisance : érosion mécanique (courant, action des ancres, des filets, coups de palmes, etc.), action d'agents léthaux non encore identifiés (épisode de mortalité massive durant l'été 1999). Le suivi de l'évolution de ces peuplements rentre dans le cadre du suivi général de la qualité du milieu marin sur des sites à importance patrimoniale particulière. Un Réseau de Surveillance Gorgone est actuellement mis en place dans la région Provence Alpes Côte-d'Azur (Région PACA/CG 13/CG 83/CG06/Ville de Marseille/DIREN PACA/Agence de l'eau RMC). Il a permis de standardiser une méthodologie de suivi adaptée à ce type de peuplements. Un point de surveillance des gorgones dans le secteur d'étude pourrait être intégré à ce réseau.

Secteurs proposés : Deux Frères – Sèche de Sicié

Milieu étudié : peuplements de gorgones rouge du circalittoral (*Paramuricea clavata*)

Objectif : évaluer la qualité des peuplements de gorgones des sites de Sicié - Deux Frères, suivre leur dynamique évolutive face aux nuisances auxquels ils sont soumis : rejet urbain, fréquentation, érosion par les engins de pêche, épisodes de mortalité massive.

Méthodologie adoptée : Méthodologie utilisée dans le cadre du Réseau de Surveillance Gorgones

Pas de temps de suivi : deux ans

6.1.3.5 évaluation des usages socio-économiques

Recensement des activités exercées dans la zone d'étude

Les activités exercées dans la zone d'étude pourront être recensées, comme par exemple : la plaisance, la plongée sous marine, la chasse sous marine, la pêche plaisancière. En effet, dans les schémas de gestion du milieu marin, il est indispensable de bien connaître le patrimoine naturel, d'identifier les altérations du milieu dues à l'impact de l'homme, de cerner le potentiel de restauration des sites et de chiffrer le coût de telles mesures.

La pression des usages sur le milieu marin, les secteurs concernés, les périodes d'exercice des activités pourront être recensés, par des observations sur le terrain (nombre, horaire et localisation des usagers, durée des activités).

Evaluation qualitative des usages et des attentes du public

Des questionnaires peuvent permettre d'évaluer la sensibilité des utilisateurs à la protection éventuelle d'un site et ce qu'ils en attendraient. Aujourd'hui la fonction de la nature a évolué : les activités de loisir dans les espaces naturels deviennent un bien de consommation. Ainsi la problématique des services proposés et des produits payants dans l'espace naturel, le prix qu'ils seraient prêts à payer, ainsi que le taux idéal de fréquentation pourront leur être soumis.

Secteurs proposés : Deux Frères, anse des Sablottes, grande rade

Usages étudiés : pêche amateur, plongée sous-marine, chasse sous-marine, plaisance

Objectif : état des lieux des usages pratiqués sur le site pressenti pour des actions de protection, et sur le secteur d'étude d'une manière plus large. Evaluer la pression de fréquentation du site, et donc de la pression anthropique. Fournir les outils pour une gestion optimale des usages sur l'éventuel site protégé.

Méthodologie adoptée : Enquêtes et évaluation quantitative de fréquentation (Moreteau, 1981 ; Combelles, 1986, 1991 ; Richez, 1991, 1993 ; Chavoïn et Boudouresque, 1997 ; Bernard et al., 1998, 1999)

Pas de temps de suivi : cinq ans

6.2 Eléments de réflexion pour la mise en place d'une Aire Marine Protégée

En Méditerranée, la dénomination "Aire Marine Protégée" (AMP) recouvre une grande variété de situations qui diffèrent par leur contexte écologique mais également par le type de législation qui y est appliqué. De nombreux statuts différents existent, comme par exemple les ré-

servees marines, les parcs nationaux, etc. Le choix de la structure administrative et du cadre légal d'une aire marine protégée dépend du contexte socio-économique local.

Dans la grande rade de Toulon, le secteur des Deux Frères-Cap Sicié semble le seul à même d'avoir vocation à porter un projet de protection, du fait de grande richesse écologique (annexe photographique 4) : on y a recensé une vingtaine d'espèces marines protégées ou d'importance patrimoniale. Par ailleurs, la complexité des fonds ; zones sableuses, zones rocheuses de faible profondeur, tombants rocheux profonds, éboulis, herbiers de posidonie, favorise la restauration de la flore et de la faune marine. La protection d'une zone a, en effet, d'autant plus de chances d'être efficace qu'elle possède une topographie complexe avec le maximum d'habitats et d'écosystèmes, incluant tous les étages biologiques.

Les usages sont nombreux sur le secteur. On y recense plusieurs activités, dont la pêche professionnelle et amateur, la chasse sous-marine, la plongée sous-marine et la plaisance. Cette coexistence peut générer des situations de conflits pour les responsables de l'espace protégé. Seule une réglementation adaptée, et avalisée par tous, peut permettre de mettre en place une gestion cohérente et effective des mesures de protection.

En revanche, la présence dans le voisinage immédiat d'un débouché de rejet urbain peut nuire gravement à l'image et donc au succès d'une zone protégée. Le fort hydrodynamisme présent dans la zone préserve les peuplements en place d'un impact trop important, comme en témoigne l'étendue des ceintures de *Cystoseires* à proximité, ou encore la richesse des peuplements benthiques (coralligène de paroi) de la sèche de Sicié qui compte parmi les plus beaux paysages sous-marins de la zone d'étude. Toutefois, la qualité médiocre de l'eau de surface et l'odeur, peuvent gêner les tentatives de valorisation du site sur le plan touristique.

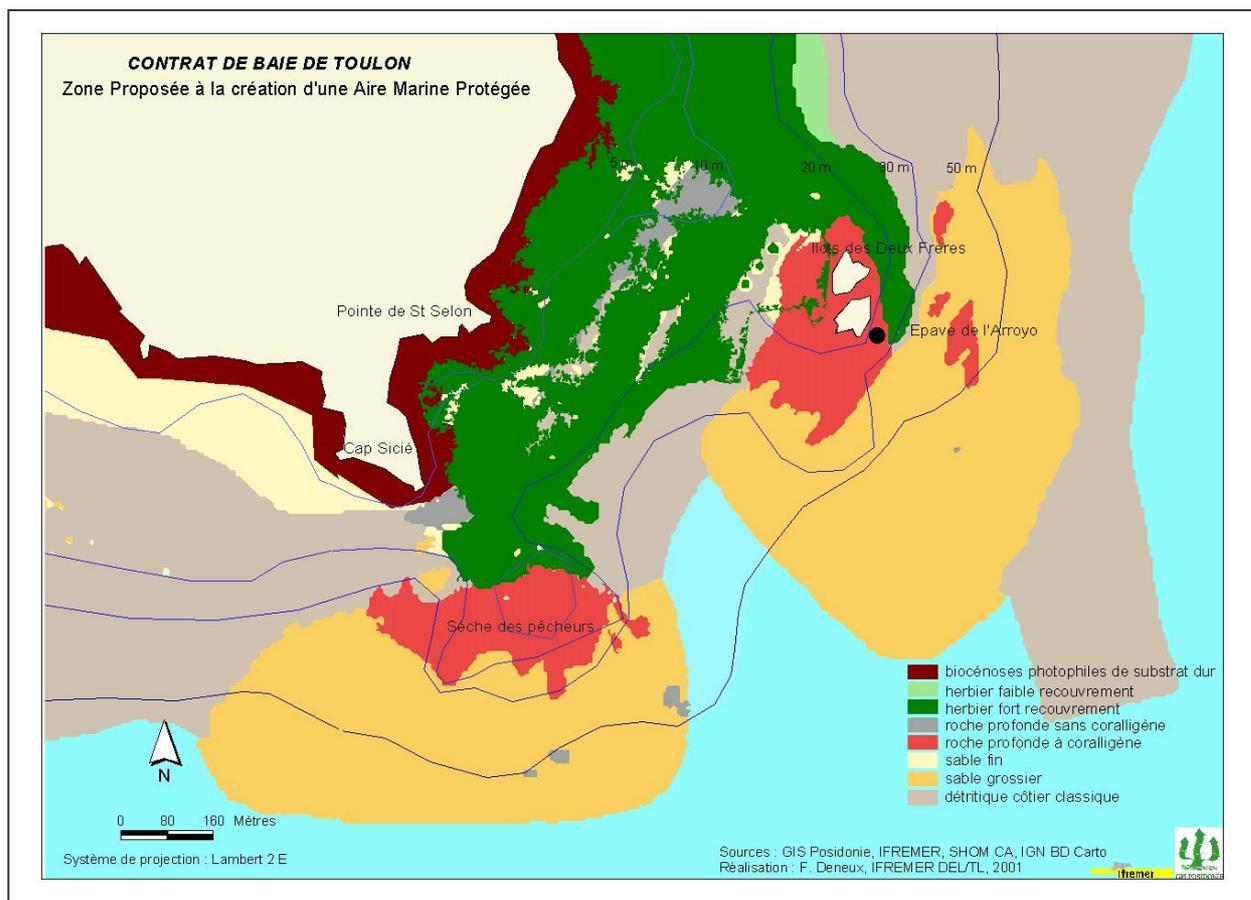
Site proposé: Sicié - Deux Frères – sèche de Sicié (carte 16)

Milieux représenté : médiolittoral, infralittoral, circalittoral

Biocénoses représentées : peuplements du médiolittoral, peuplements photophiles de substrats durs, herbier de posidonie, peuplements du coralligène (plateau et tombants à coralligène de paroi)

Usages sur le site : pêche professionnelle, pêche amateur, plongée sous-marine, chasse sous-marine, plaisance

Nuisances : influence directe d'un rejet urbain, pression de pêche professionnelle et amateur importante, forte fréquentation plongée sous-marine.



Carte 16. Site proposé de création d'une AMP (îlots des deux Frères et sèche de Sicié)

Les caractéristiques géomorphologiques et biocénologiques de la zone pressentie ainsi que les communautés remarquables que l'on peut y observer sont détaillées en annexe (annexe 5). Les études scientifiques à réaliser avant protection ainsi que les modes de gestion possibles d'une AMP, y sont également exposés.

7 Conclusion

Cette étude constitue un état des lieux des biocénoses de la rade de Toulon, de la pointe de l'Eperon au cap de Carqueiranne, dans la tranche bathymétrique comprise entre la surface et 50 m, couvrant un espace marin de quelques 45 km². Les descriptions détaillées des biocénoses observées s'appuient sur une cartographie exhaustive des fonds, restituée sous forme d'atlas au 1:10 000^{ème} composé de 9 feuilles. Les peuplements et espèces remarquables ont également fait l'objet d'investigations, ainsi que certains indicateurs de qualité du milieu (espèces "sentinelles").

Les données proviennent de quatre filières principales d'acquisition, qui diffèrent par les moyens techniques engagés (sonar latéral, photographies aériennes, vidéo sous-marine, ob-

servations *in situ* en plongée), mais qui sont complémentaires quand à la tranche bathymétrique considérée et au type d'informations obtenues (extension et paramètres de vitalité des biocénoses).

L'intégralité de ces résultats incrémente une base de données géoréférencées (sous la forme d'un Système d'Information Géographique) directement utilisable dans la mise en œuvre d'un plan de gestion de la zone concernée. A cet effet, cette étude apporte plusieurs propositions de suivis scientifiques à mettre en œuvre à moyen et long terme des biocénoses et des peuplements remarquables, ainsi que les éléments de réflexion pour la mise en place d'une aire marine protégée dans le secteur particulier des Deux Frères.

Bibliographie

Références scientifiques :

ASTIER J.M., 1972. Régression de l'herbier de Posidonies en rade des Vignettes à Toulon. *Ann. de la Soc. des Sci. Nat. et d'Archéol. de Toulon et du Var*, Fr : 97-103.

ASTIER J.M., 1975. Cartographie des fonds marins de la région de Toulon par le groupe ECOMAIR. *Ann. de la Soc. des Sci. Nat. et d'Archéol. de Toulon et du Var*, Fr : 1-15.

ASTIER J.M., 1984. Impact des aménagements littoraux de la rade de Toulon, liés aux techniques d'endigage, sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. *International Workshop on Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 255-259.

ASTIER J.M., et TAILLIEZ P., 1984. Pour un plan d'occupation des fonds marins : inventaire des herbiers de posidonie du Var. *Ann. de la Soc. des Sci. Nat. et d'Archéol. de Toulon et du Var*. Fr., 36 : 35-46.

ASTIER J.M., MORETEAU J.C., TAILLIEZ P., 1978. Dégâts d'égouts : l'émissaire du Cap Sicié. *S.O.S. Vie nat. environn.*, Fr., 27 : 45-48.

ASTIER J.M., TAILLIEZ P., 1978. Les rejets en mer. Impact des effluents du grands collecteurs du Cap Sicié sur la vie des fonds marins. *Bull. Fond. Sci. Ricard*, 3 : 13-23.

ASTIER J.M., TAILLIEZ P., VICENTE N., 1983. Pour un plan d'occupation des fonds marins. Estimation de la superficie d'herbiers de Posidonies dans les eaux littorales des communes de La Ciotat à Ramatuelle. *Vie Marine*, Fr., 5 : 63-73.

ATEN, 1996, les objectifs de gestion des espaces protégés, gestion des espaces naturels,

AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1976. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc national). XIII : Documents pour la carte des peuplements benthiques. *Trav. sci. Parc natl. Port-Cros*, Fr., 2 : 9-22, 1 pl. h.t.

BELLAN G., 1993. Les indicateurs du milieu marin – Remarques introductives. *Qualité du milieu marin. Indicateurs biologiques et physico-chimiques*, Boudouresque C.F., Avon M., Pergent-Martini C., édit., GIS Posidonie publ., Marseille Fr. : 35-42.

- BELLAN-SANTINI D., 1966. Influence des eaux polluées sur la flore et la faune marines benthiques dans la région marseillaise. *Techn. Sci. Municipales*, Fr., 61 (7) : 285-292.
- BELLAN-SANTINI D., 1994. Les biocénoses de substrat durs. In *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèses, menaces et perspectives*. BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.C. eds., Muséum National d'Histoire Naturelle publ. Paris : 77-87.
- BELSHER T., 1974. Séquence des effets d'un égout urbain, en fonction de l'éloignement de la source de pollution, sur les peuplements photophiles de mode battu (fraction algale) ; premiers résultats. *Bull. Soc. Phycol.*, Fr., 19 : 158-163.
- BELSHER T., 1979. Analyse des répercussions du rejet en mer du grand collecteur de Marseille sur la fraction algale des peuplements photophiles de l'infralittoral supérieur. *Téthys* 9 (1) : 1-16.
- BERNARD G., BONHOMME P., DANIEL B., 1998. Archipel de Riou : étude socio-économique sur la pêche, la plaisance, la plongée et la chasse sous-marine. *Ville de Marseille et GIS Posidonie publ.*, Fr. : 1-154 + 19 p. non num.
- BERNARD G., CADIOU G., 2000. Rapport de prospection : limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* au droit de la pointe de l'Arpillon (commune de Roquebrune-Sur-Argens, Var). *GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr. : 1-14
- BIANCONI C.H., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., DI SANTO F., 1987. Cartographie de la répartition de *Lithophyllum lichenoides* (Rodophyta) dans la Réserve Naturelle de Scandola (Côte orientale de Corse, Méditerranée). *Trav. Sci. Parc nat. Rég Corse*, Fr., 13 : 39-63.
- BLACHIER J., MEINESZ A., DE VAUGELAS J., 1998. Répartition de *Lithophyllum lichenoides* (Rodophyta), de *Cystoseira amentacea* (Chromophyta), de *Patella ferruginea* (Mollusca) dans la Réserve Naturelle des Lavezzi : îlots et littoral de la Pointe Cappicciolu à la pointe de Spérone. *Trav. Sci. Parc nat. Rég Corse*, Fr., 57 : 103-141.
- BLANC J. J., 1975. Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Aménagement et protection. *Centre Nation. Expl. Océans édit.*, Fr., 1-164 + 32 pl. h. t.
- BLANC J.J., 1980. – Sédimentologie dynamique des plages de Provence – méthodologie et études d'impact. *Contrat CNEXO 79/4134* : 1-30.
- BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A., 1978. Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de la Provence. *Centre Nation. Expl. Océans édit.*, Fr. : 1-185.

BONHOMME P., CADIOU G. BERNARD G., CHARBONNEL E., RUITTON S., 2001. Evaluation de l'impact sur l'herbier de posidonie et les grandes nacres du creusement d'un chenal dans le cadre de l'aménagement du site militaire du Canier. Rapport phase 1 : mise en place d'un carré permanent. *Contrat DGA-DCEE & GIS Posidonie publ.*, Fr. : 1-38.

BOUDOURESQUE C.F., 1996. Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2^{ème} édition. *GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr. : 1-243.

BOUDOURESQUE C.F., 1995. Les indicateurs biologiques. *La lettre de Méditerranée 2000*, Fr., 13 : 8-9.

BOUDOURESQUE C.F., BALLESTEROS E., BEN-MAIZ N., BOISSET F., BOULADIER E., CINELLI F., CIRIK S., CORMACI M., JEUDY DE GRISSAC A., LABOREL J., LANFRANCO E., LUNDBERG B., MAYHOUB H., MEINESZ A., PANAYOTIDIS P., SEMROUD R., SINNASSAMY J.M., SPAN A., VUIGNIER G., 1990. *Livre rouge "Gérard VUIGNIER" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée*; Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE-PAM-CAR-ASP-IUCN) et GIS Posidonie publ. : 1-250.

BOUDOURESQUE C.F., BERTRANDY M.C., DESJARDINS C., FIFIS J.C., FORET P., LEFEVRE J.R., MEINESZ A., NIERI M., PATRONE J., PERGENT G., GRAVEZ V., 1987. Mise en place d'un système de surveillance des herbiers à *Posidonia oceanica* le long du littoral méditerranéen français. *Symp. Intern. Prot. Milieu Mar. contre les rejets urbains*, Ville de Marseille : 1-20.

BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., 1983. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée, les interactions entre la plante et le sédiment. *J. Rech. océanogr.*, 8 (2-3) : 99-122.

BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., 1982. Découverte de l'herbier de posidonie. *Cahier Parc Nation. Port-Cros*, (4) : 1-79.

BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., LEDOYER M., VITIELLO P., 1994. Les herbiers à phanérogames marines. In *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèses, menaces et perspectives*. BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.C. eds., Muséum National d'Histoire Naturelle publ. Paris : 98-117.

BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., LEFEVRE J.R., 1986. Cartographie du carré permanent de la marina d'Elbu. *Trav. Sci. Parc nat. Rég. Rés. nat. Corse*, 2 : 24-33.

BOUDOURESQUE C.F., VAN KLAVEREN M.C., VAN KLAVEREN P., 1996. Proposition d'une liste d'espèces marines et saumâtres menacées ou en

danger (végétaux, invertébrés, poissons, tortues et mammifères) pour inclusion dans les annexes I, II et III de la Convention de Berne : 1-146.

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., NODOT C., JEUDY DE GRISSAC A., TINE J., 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon. *Téthys* 9(2), Fr. : 103-112.

CAYE G., 1980. Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L. Delile). *Thèse doctorat 3° Cycle*, Univ. AixMarseille II, Fr. : 1-121.

CHARBONNEL E., BONHOMME P., BERNARD G., GRAVEZ V., 1996. Etude des herbiers de Posidonies et autres types de fonds de la quatrième anse du Mourillon au Cap Brun et de la Grande Jetée au port Saint-Louis (Toulon, Var). *Contrat Ville de Toulon, Direction de l'Urbanisme, Service Programmation et Environnement Urbain & GIS Posidonie*. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-103.

CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., PATRONE J., KRUKZEK R., BERNARD G., BONHOMME P., BERTRANDY M.C., FORET P., RAGAZZI M., LECCIA G., LE DIREACH L., 1998. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Seconde partie : résultats du suivi 1998. *Conseil Régional PACA/GIS Posidonie/CQEL 13/ CQEL 83/Conseil Général 06/CQEL 06*. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.: 1-113.

CHAVOIN O., BOUDOURESQUE C.F., 1997. Données préliminaires sur la fréquentation plaisancière, la pêche amateur, la plongée sous-marine et le tourisme balnéaire au Rayol-Canadel-sur-mer et à Cavalaire (Var, France). *GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr.: 1-98.

COMBELLES S., 1986. Pêche amateur dans les eaux du Parc National de Port-Cros. Rapport d'enquête. Document préalable au rapport final. *Contrat d'étude Parc National de Port-Cros N°8604983400 PC*, Fr.: 1-16.

COMBELLES S., 1991. Pêche amateur dans les eaux du Parc National de Port-Cros. Rapport final. *Contrat d'étude Parc National de Port-Cros*. Laboratoire de zoologie et d'écologie, Univ. d'Orsay, Fr.: 1-63.

COMITE DE BASSIN RMC, 1998, Mise en place d'indicateurs et de tableaux de bord, dispositif de suivi du SDAGE-RMC, volet littoral.

COMITE DE BASSIN RMC, 2001, Tableau de bord du SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse – Panoramique 2000. Ed. Agence de l'Eau RMC.

- DE VAUGELAS J., MEINESZ A., CULLIOLI J.M., 1998. Premiers éléments sur les peuplements sous-marins des îles Cerbicales (Corse du Sud) *Trav. Sci. Parc nat. Rég Corse, Fr.*, 57 : 11-41.
- DELEPINE R., BOUDOURESQUE C.F., FRADA-ORESTANO C., NOAILLES M.C., ASENSI A., 1987. Algues et autres végétaux marins. *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche : Méditerranée et mer Noire, zone de pêche 37, Révision 1, volume 1*. Fischer W., Schneider M., Bauchot M.L. édit., FAO publ., Ital. : 1-136.
- DUTRIEUX E., CANOVAS S., DENIS J., HENOCQUE Y., QUOD J.P. et BIGOT L., 2000, Guide méthodologique pour l'élaboration de cartes de vulnérabilité des zones côtières de l'Océan Indien, réalisé par CREOCEAN, Ifremer et ARVAM pour le compte de l'UNESCO/IOC et le PRE/COI-UE, IOC Manuals and Guides, N°38, 40 p.
- EVIRGEN A., 1997. Katil Yosunlar - Aramizda ! Sualti dünyasi, kasim 97, tur. : 10-14.
- FELDMAN J., 1938. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Rev Algol., Fr.*, 10 (1-4) : 1-340 + 2 cartes, 20 pl. h.t.
- FRANCOUR P., ROBERT N., BERNARD G., BONHOMME P., 1997. Cartographie des fonds marins, et en particulier de l'herbier à *Posidonia oceanica*, à proximité du port des Oursinières (Le Pradet, Var). *Contrat GIS Posidonie/Ville du Pradet*. GIS Posidonie publ., Marseille : 1-52.
- FRASCHETTI S., NIKE BIANCHI C., TERLIZZI A., FANELLI G., MORRI C., BOERO F., 2001. Spatial variability and human disturbances in shallow subtidal hard substrates assemblages : a regional approach. *Marine Ecology* (212) : 1-12.
- FRONTIER S., 1983. Stratégie d'échantillonnage en écologie. Masson, Paris et les presses de l'Univ. Laval Quebec : 1-494.
- GORGEU Y., JENKINS C., GENTIL A. 1997, La charte de territoire – Une démarche pour un projet de développement durable. La Documentation Française.
- GOUBIN C., LOQUES F., 1991. Germinating *Zostera noltii* Horneman found in the étang de Diana, Corsica. *Aquat. Bot.* 42(1) : 75-79.
- GRAVEZ V., MARCHADOUR M., FRANCOUR P., BOUDOURESQUE C.F., BOULADIER E. & SOURENIAN B., 1988. L'herbier à *Posidonia oceanica* du golfe de Giens. In Rejets des effluents urbains dans le golfe de Giens, analyse de l'état initial. *BCEOM et GIS Posidonie édit.*, Marseille, Fr., 113 pp.
- HAMEL G., 1926. Quelques algues rares ou nouvelles pour la flore méditerranéenne. *Bull. Muséum d'Histoire Naturelle*, 32 : 420pp.

- HARMELIN J.G., 1984. Biologie du corail rouge. Paramètres de populations, croissance et mortalité naturelle. Etat des connaissances en France. *FAO Fish. Rep.*, (306) : 99-103.
- HARMELIN J.G., 1990. Ichtyofaune des fonds rocheux de Méditerranée : structure du peuplement du coralligène de l'île de Port-Cros (Parc National, France). *Mésogée*, 50 : 23-30.
- HARMELIN J.G., 1994. Les peuplements des substrats durs circalittoraux. In *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèses, menaces et perspectives*. BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.C. eds., Muséum National d'Histoire Naturelle publ. Paris : 118-126.
- HARMELIN J.G., 1995. Gorgones et Corail rouge : les plus beaux ornements de Méditerranée sont ils menacés ? *Océanorama* (24) : 3-9.
- HARMELIN J.G., BACHET F., GARCIA F., 1995. Mediterranean marine reserves : Fish indices as tests of protection efficiency. *P. S. Z. N. I. : Marine Ecology*, 16 (3) : 233-250.
- HARMELIN J.G., BOUCHON C., HONG JAE-SANG, 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée Nord-Occidentale). *Téthys*, Fr. 10(1) : 13-36.
- HARMELIN J.G., MARINOPOULOS J., 1994. Population structure and partial mortality of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso) in the north-western Mediterranean (France, Port-Cros Island). *Marine Life*, 4 (1) : 5-13.
- HARMELIN J.G., VACELET J., VASSEUR P., 1985. Les grottes sous-marines obscures : un milieu extrême et un remarquable biotope refuge. *Téthys*, 11 (3-4) : 214-229.
- HUVE H., 1963. Données écologiques et biogéographiques relatives à quelques Mélobésiées méditerranéennes caractéristiques des niveaux superficiels de la roche littorale. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. intl. Explor. sci. Médit.*, 17 (2) : 147-160.
- IFEN, 2000, Aménagement du territoire et environnement. Politiques et indicateurs. IFEN-DATAR.
- JEUDY DE GRISSAC A. & BOUDOURESQUE C.F., 1985. Rôle des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers: les herbiers à *Posidonia oceanica*. *Colloq. Fr-jap. Océanogr.*, Marseille 16-21 sept 1 : 143-151
- JEUDY DE GRISSAC A., 1979. Impacts des aménagements littoraux. Installations portuaires, plages artificielles. Quelques exemples provençaux. *Contrat CNEXO (78/4104)* : 1-46 + 19 pl h.t.

JEUDY DE GRISSAC A., 1984. Mouillage dans les herbiers de posidonie en Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Parc National de Port-Cros publ.

JEUDY DE GRISSAC A., MEINESZ A., BOUDOURESQUE C.F., ASTIER J.M., BOURCIER M., LEFEVRE J.R., 1985. Localisation de l'herbier de Posidonie sur le littoral PACA - Etat des connaissances. *GIS Posidonie et DRAE PACA*, Marseille Fr., 1-22 + 1-37 + 1-19.

JEUDY DE GRISSAC A., MEINESZ A., BOUDOURESQUE C.F., ASTIER J.M., BOURCIER M., 1985. Localisation de l'herbier de posidonie sur le littoral PACA. Etat des connaissances. Le Var. GIS Posidonie publ., Marseille Fr., *DRAE PACA & GIS Posidonie* : 1-22 + 1-37 + 1-19.

JEUDY DE GRISSAC A., TINE J., 1980. Géologie et sédimentologie littorale et marine de l'aire toulonnaise Tome 1 - *Contrat Marine Nationale - BE anti-pollution / GEOMER*, Fr. : 1-116.

JONCHERAY J.P., 1991. Naufrages en Provence. Fascicule 15 du livre des épaves : enseignures de 85 épaves de Provence. *Cahier d'Archéologie Subaquatique édit.*, (15) : 891-998.

LABOREL J., 1961. Le concrétionnement algal coralligène et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Edoume*, Fr., 23 (37) : 37-60.

LABOREL J., 1987. Marine biogenic constructions in the Mediterranean, a review. *Sci rep. Port-Cros nation Park*, Hyères, Fr., 13 : 97-126.

LABOREL J., BOUDOURESQUE C.F., LABOREL-DEGUEN F., 1994. Les bioconcrétionnements littoraux de Méditerranée. *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèses, menaces et perspectives*. BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.C. édit., Muséum National d'Histoire Naturelle publ. Paris : 88-97.

LABOREL J., BOUDOURESQUE C.F., LABOREL-DEGUEN F., 1994. Les bioconcrétionnements littoraux de Méditerranée. *In Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèses, menaces et perspectives*. BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.C. eds., Muséum National d'Histoire Naturelle publ. Paris : 88-97.

LABOREL J., DELIBRIAS G., BOUDOURESQUE C.F., 1983. Variations récentes du niveau marin à Port-Cros (Var, France), mises en évidence par l'étude de la corniche littorale à *Lithophyllum tortuosum*. *C. R. hebdomadaire Séances Acad. Sci.*, Paris, Fr., 297 : 157-160.

LABOREL J., MORHANGE C., LABOREL-DEGUEN F., 1993. Espèces benthiques indicatrices des variations du niveau marin. *Qualité du milieu marin*.

- Indicateurs biologiques et physico-chimiques*. Boudouresque C.F., Avon M., Pergent-Martini C., édit., GIS Posidonie publ., Marseille Fr. : 121-133.
- LABOREL J., VACELET J., 1961. Répartition bionomique du *Corallium rubrum* LmK dans les grottes et falaises sous-marines. *Rapp. Proc. Verb. Reun. CIESM*, 26 (2) : 465-469.
- LAUBIER L., 1966. Le coralligène des Albères. Monographie biocénotique. *Ann. Inst. Océanogr., N. S.*, 43 (2) : 137-316.
- MARI X., MEINESZ A., DE VAUGELAS J., 1998. Répartition de *Lithophilum lichenoides* (Rodophyta), de *Cystoseira amentacea* (Chromophyta), de *Patella ferruginea* (Mollusca) et des zones polluées par les hydrocarbures de l'île Lavezzi (Réserve Naturelle des Lavezzi-Corse). *Trav. Sci. Parc nat. Rég Corse*, Fr., 57 : 145-162.
- MEINESZ A., BELLONE E., ASTIER J.M., LEFEVRE J.R., VITIELLO P., 1990. Impact des aménagements construits sur le domaine maritime de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *DIREN PACA et GIS Posidonie*, Fr. : 1-38.
- MEINESZ A., COTTALORDA J.M., CHIAVERINI D., CASSAR N., DE VAUGELAS J., 1998. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation au 31 décembre 1997. *Laboratoire Environnement Marin Littoral, Université de Nice-Sophia Antipolis* : 1-238.
- MEINESZ A., DE VAUGELAS J., CHIAVERINI D., BIALECKI K., COTTALORDA J.M., MOLENAAR H., 1999. Représentation cartographique de l'abondance de quelques algues et invertébrés du littoral de la Réserve naturelle de Scandola (Corse). *Rapp. LEML-UNSA*, Nice Fr. : 1-8.
- MEINESZ A., LAURENT R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France). Campagne Poséidon 1976. *Bot. mar., Germ.*, 21 : 513-526.
- MERCIER A., 1973. Etude de la végétation du complexe lagunaire de Bages-Sigean. Biomasse et production primaire des macrophytes. *Thèse Doct. 3^o cycle Biol. vég.*, Univ. Paris VI, Fr. : 1-105+ docum. 1-44 + annexes A1-10 + annexes B1-4 + annexes C1-56.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT. 1993, Cartographie et plans de gestion.
- Ministère de l'Aménagement et de l'Environnement, 1998, guide méthodologique des documents d'objectifs NATURA 2000, outils de gestion.
- MOLENAAR H., 1992. Etude de la transplantation de boutures de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, phanérogame marine. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance. *Thèse Doctorat*, Univ. Nice-Sophia-Antipolis, Fr. : 1-221.

- MOLINIER R., 1960. Etude des biocénoses marines du Cap Corse. *Vegetatio*, Netherl., 9 (3-5) : 121-192, 217-312 + 1 Fig., 2 Tabl. h.t.
- MOLINIER R., Picard J., 1952. Recherche sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Oceanogr.*, Paris, Fr., 27 (3) : 257-234.
- MORETEAU J.C., 1981. La navigation de plaisance dans le parc national de Port-Cros. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 7: 11-24.
- NIERI M., BOUDOURESQUE C.F., AUGIER H., GRAVEZ V., 1986. Mise en place du système de surveillance de l'herbier de Posidonies de la baie du Prado (Marseille). Observation initiales. *SOMICA et GIS Posidonie*, Marseille, Fr. : 1-64 p.
- 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). *An. Soc. Sciences Nat. et Archéol. de de Toulon et du Var*, 30 : 118-133.
- NODOT C., BOURCIER M., JEUDY DE GRISSAC A., HEUSNER S., REGIS J., TINE J., 1984. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Téthys*, 11(2), Fr. 141-153.
- PAILLARD M., GRAVEZ V., CLABAUT P., BLANC J.J., BOUDOURESQUE C.F., BELSHER T., URSCHER F., POYDENOT F., SINNASSAMY J.M., AUGRIS C., PEYRONNET J.P., KESSLER M., AUGUSTIN J.M., LE DREZEN E., PRUDHOMME C., RAILLARD J.M., PERGENT G., HOAREAU A., CHARBONNEL E., 1993. Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var, France). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation. IFREMER & GIS Posidonie publ., Fr. : 1-36 + 3 cartes annexes.
- PERES J.M., PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de Méditerranée. *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume*, fr., 31 (47) : 1-137.
- PERGENT G., 1991. Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Océanis*, Fr., 17 (4) : 341-350.
- PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., BOUDOURESQUE C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : Etat des connaissances. *Mésogée*, 54 : 3-27.

PERGENT-MARTINI C., 1994. Impact d'un rejet d'eaux usées urbaines sur l'herbier à *Posidonia oceanica*, avant et après la mise en service d'une station d'épuration. *Thèse de Doctorat* d'écologie, Université de Corse : 1-190.

PNUE, 1993, L'Observatoire Méditerranéen pour l'Environnement et le Développement (OMED), Centre d'Activités régionales du Plan Bleu, UNEP/MAP-CAR/PB, Sophia Antipolis.

POR F.D., 1978. Lessepsian migration. The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez canal. *Ecological studies*, 23. Springer Verlag, Berlin, Germany, 288 pp.

POR F.D., 1990. Lessepsian migration. An appraisal and new data. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° spécial, 7 : 1-10.

RICHEZ G., 1991. La fréquentation du Parc National de Port-Cros (France) par les plongeurs sous-marins durant l'été 1990. *in Actes du colloque d'Ajaccio*, 26-28 Sept. 1991, Economic impact of the mediterranean costal protected areas, *Medpan News*, 3: 85-89.

RICHEZ G., 1993. La plongée sous-marine de loisirs en Corse, apnée exclue, durant l'été 1991. *Trav. Sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, Fr, 45: 1-65.

RIKZ, 1998, Framework on integrated models and indicators for european coastal zone management.

ROUBAUD C., 1994. Les mouillages forains sur la côte varoise. Stage DESS « aménagements et activités littorales et maritimes », Univ. Montpellier & Service Maritime DDE Var : 1-195 + 2 annexes.

RUITTON S., 1999. Les communautés benthiques et nectobenthiques associées aux aménagements littoraux en Méditerranée nord-occidentale. *Thèse en science de l'environnement marin*, Univ. Aix-Marseille II, 230 p. + 33p; annexes.

SAFEGE-CETIIS, IFREMER, GIS POSIDONIE, CALLISCOPE-STRATYS, 1998. Dossier préalable au contrat de Baie Rade de Toulon. Syndicat Intercommunal de l'Aire Toulonnaise : 1-210

SALM V.R., CLARK J.R., SIIRILA E. 2000? Marine and Coastal Protected Areas. A guide for Planners and Managers. Third Edition, IUCN Marine Programme / USAID.

SICSIC M., 1967. Répartition des formations à base de *Lithophyllum tortuosum* (Esper) Foslie, le long du littoral rocheux de la presqu'île de Giens. *Ann. Soc. Sci. nat. Archéol. Toulon*, Var, Fr., 19 : 173-179.

SINASSAMY J.M., PERGENT-MARTINI C., 1990. Localisation et état de l'herbier de posidonie sur le littoral PACA. Département du Var. *DRAE et GIS Posidonie*, Fr. : 1-75.

- SOLTAN D., 2001. Etude de l'incidence de rejets urbains sur les peuplements superficiels de macroalgues en Méditerranée Nord-Occidentale. Thèse Doct. Océanologie 3^{ème} Cycle. Univ. Méditerranée (Aix-Marseille II) : 1-157.
- SOLTAN D., VERLAQUE M., BOUDOURESQUE C.F., FRANCOUR P., 2001. Changes in macroalgal communities in the vicinity of a mediterranean sewage outfall after the setting up of a treatment plant. *Marine Poll. Bull.*, 42(1) : 59-70.
- SUDRY L., 1910. L'étang de Thau. Essai de monographie océanographique. *Ann. Inst. Océanogr., Monaco*, 1(10) : 1-209.
- Tarlet J., 1985, La planification écologique, Paris, Economica.
- THOMAS A., 1983. Contribution a une étude d'impact des activités humaines au littoral du cap de l'Aigle (Bouches-du-Rhône) au cap Garonne (Var). La dynamique sédimentaire et l'herbier à Posidonies. *Thèse Doct. Géographie 3^{ème} cycle. Univ. Aix-Marseille II* : 1-199.
- UNESCO, 1997, Guide méthodologique d'aide à la gestion intégrée des zones côtières. Volume I, COI, Manuals and Guides n°36, 48p.
- UNESCO, 2001, Guide méthodologique d'aide à la gestion intégrée des zones côtières. Volume II, COI, Manuals and Guides n°42, 64p.
- VERLAQUE M., 1990. Relations entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen, Sparidae), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal méditerranéen. *Oceanol. Acta*, 13 (3) : 373-388.
- VERLAQUE M., 1994. Inventaire des plantes introduites en Méditerranée : origines et répercussions sur l'environnement et les activités humaines. *Oceanol. Acta, Fr.*, 17 (1) : 1-23.
- VERLAQUE M., 1996. Etude des encorbellements à *Lithophyllum lichenoides* de la Réserve Naturelle de Scandola (Année 1995). *Rapport scientifique Parc naturel Régional de Corse*, GIS Posidonie publ., Marseille Fr. : 1-40.
- VERLAQUE M., TINE J., 1979. Végétation marine de la rade de Toulon (Var, France) : la rade-abri. *Revue de Biol. et Ecol. méditerranéenne*, 5 (2) : 67-86.
- VERLAQUE M., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., GRAVEZ V., 2000. The *Caulerpa racemosa* complex (Caulerpales, ulvophyceae) in the Mediterranean sea. *Botanica marina*, 43 : 49-68.

Liste des figures, cartes et tableaux

Figures :

Figure 1 : démarche opératoire de la conduite de l'étude

Figure 2 : répartition bathymétrique des principales biocénoses littorales.

Figure 3 : nomenclature retenue pour la représentation cartographique des biocénoses de la rade de Toulon

Figure 4 : diagramme de la démarche méthodologique menant à la synthèse des informations par secteur et, enfin, la proposition de mesures

Figure 5 : modèle de fiche de synthèse

Cartes :

Carte 1 : carte générale des biocénoses de la rade de Toulon

Carte 2 : découpage de la zone d'étude en secteurs

Carte 3 : répartition des classes d'abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* sur le secteur 2

Carte 4 : peuplements de *Cystoseira Amentacea* var. *stricta*

Carte 5 : abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* de type I

Carte 6. Abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* de type II

Carte 7. Abondance des peuplements *Cystoseira amentacea* var. *stricta*

Carte 8. Abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* var. *stricta*

Carte 9. Abondance des peuplements de *Lithophyllum* de type I

Carte 10. Abondance des peuplements de *Lithophyllum* de type II

Carte 11. Abondance des peuplements de *Lithophyllum* de type III

Carte 12. Abondance des peuplements de *Rissoellea verruculosa*

Carte 13. Classification des secteurs selon le rapport sensibilité / risques

Carte 14. Représentation synthétique de la dynamique de l'herbier à *P. oceanica*

Carte 15 : implantation des sites proposés de suivi de l'herbier

Carte 16. Site proposé de création d'une AMP (îlots des deux Frères et sèche de Sicié)

Tableaux :

Tableau I : critères d'appréciation des sites de plongée

Tableau II : correspondance entre le découpage réalisé dans le cadre de la présente étude et celui réalisé dans le cadre du dossier préalable.

Tableau III : types de substrats observés dans la petite rade et la baie du Lazaret.

Tableau IV : types de substrats rencontrés dans la rade des Vignettes, de la surface à 50 m de profondeur

Tableau V : nombre d'entités linéaires de 50 m par classe d'abondance (de 0 à 5) et densités linéaires en pourcentage sur l'ensemble du secteur pour chaque espèce ou groupe d'espèces échantillonnées (*Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; *Lithophyllum byssoides* de types I et II ; *Corallina elongata* ; *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp.)

Tableau VI : types de substrats rencontrés dans la baie de la Garonne, de la surface à 50 m de profondeur sont présentés

Tableau VII : nombre d'entités linéaires de 50 m par classe d'abondance (de 0 à 5) et densités linéaires en pourcentage sur l'ensemble du secteur pour chaque espèce ou groupe d'espèces échantillonnés (*Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; *Lithophyllum byssoides* de types I et II ; *Corallina elongata* ; *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp.)

Tableau VIII : types de substrats rencontrés de la pointe de Maregau au cap Cepet, de la surface à 50 m de profondeur

Tableau IX : classification des sites de plongée du secteur compris entre la pointe Maregau et le cap Cepet selon les critères paysagers retenus par Boudouresque, 1996.

Tableau X : nombre d'entités linéaires de 50 m par classe d'abondance (de 0 à 5) et densités linéaires en pourcentage sur l'ensemble du secteur pour chaque espèce ou groupe d'espèces échantillonnés (*Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; *Corallina elongata* ; *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp.).

Tableau XI : types de substrats rencontrés dans l'anse des Sablottes, de la surface à 50 m de profondeur.

Tableau XII : classification des sites de plongée de l'anse des Sablottes, selon les critères paysagers retenus par Boudouresque, 1996.

Tableau XIII : types de substrats rencontrés entre la pointe de l'Eperon et le cap Sicié, incluant le secteur des Deux Frères, de la surface à 50 m de profondeur.

Tableau XIV : espèces remarquables (protégées ou d'intérêt patrimonial observées dans le secteur de Sicié-Deux Frères).

Tableau XV : classification des sites de plongée du secteur compris entre la pointe de l'Eperon et le cap Sicié selon les critères paysagers retenus par Boudouresque, 1996.

Tableau XVI : nombre d'entités linéaires de 50 m par classe d'abondance (de 0 à 5) et densités linéaires en pourcentage sur l'ensemble du secteur pour chaque espèce ou groupe d'espèces échantillonnés (*Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; *Lithophyllum byssoides* de types I et II ; *Corallina elongata* ; *Ulva* spp. et *Enteromorpha* spp., *Rissoella verruculosa*).

Tableau XVII : localisation et description des encorbellements de *Lithophyllum byssoides* observés dans le secteur compris entre la pointe de l'Eperon et le Cap Sicié.

Tableau XVIII : échelle de sensibilité de chaque secteur

Tableau XIX : échelle de risque pour chaque secteur

Tableau XX : bilan des rapports sensibilité / risque de chaque secteur

Tableau XXI : synthèse de la dynamique des biocénoses

Tableau XXII : propositions de mesures de suivis et d'études complémentaires

Tableau XXIII : sites du RSP existants dans la zone d'étude. Coordonnées géographiques (latitude, longitude), profondeur et types de nuisances/facteurs de risque (rejets, aménagements, hydrodynamisme, etc). LS = limite supérieure, LI = limite inférieure, dernière tendance évolutive de l'herbier observée (1999).

ANNEXES

Annexe 1 :
Carte prévisionnelle des reconnaissances

Annexe 2 :
Tableau récapitulatif par secteur de la zone d'étude des atouts et enjeux et des contraintes et problèmes

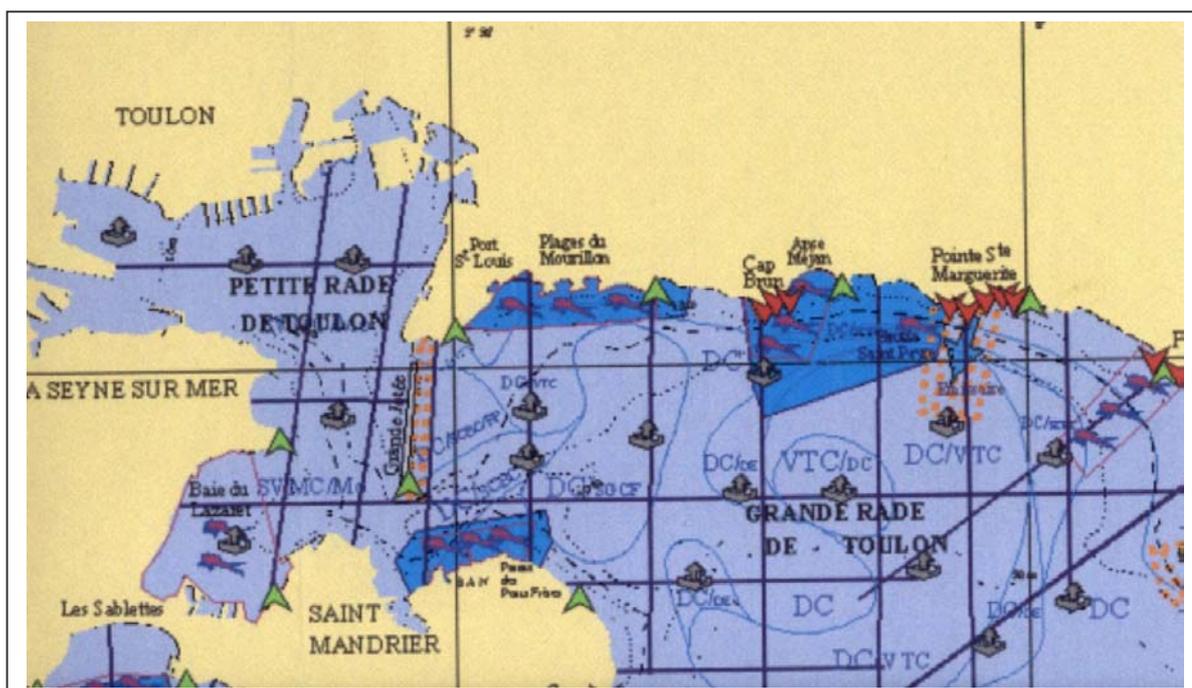
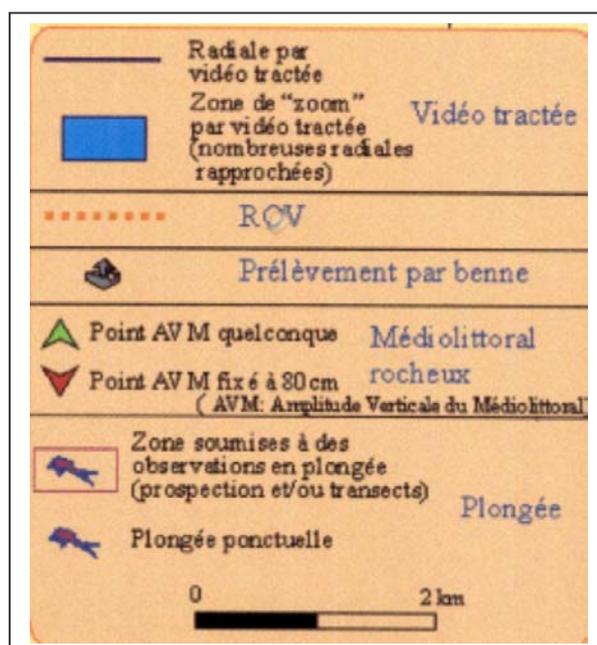
Annexe 3 :
Fiches de synthèse par secteur

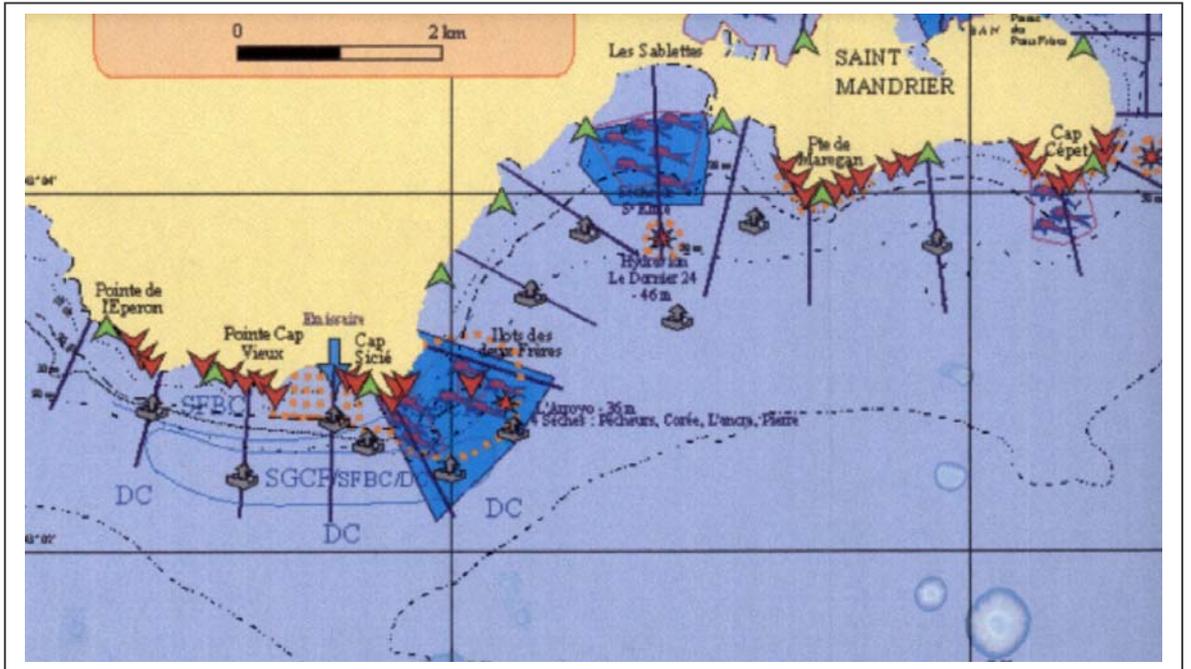
Annexe 4 :
Planches photographiques

Annexe 5 :
Caractéristiques du site pressenti pour la mise en place de mesures de protection

Annexe 1

Carte prévisionnelle des reconnaissances



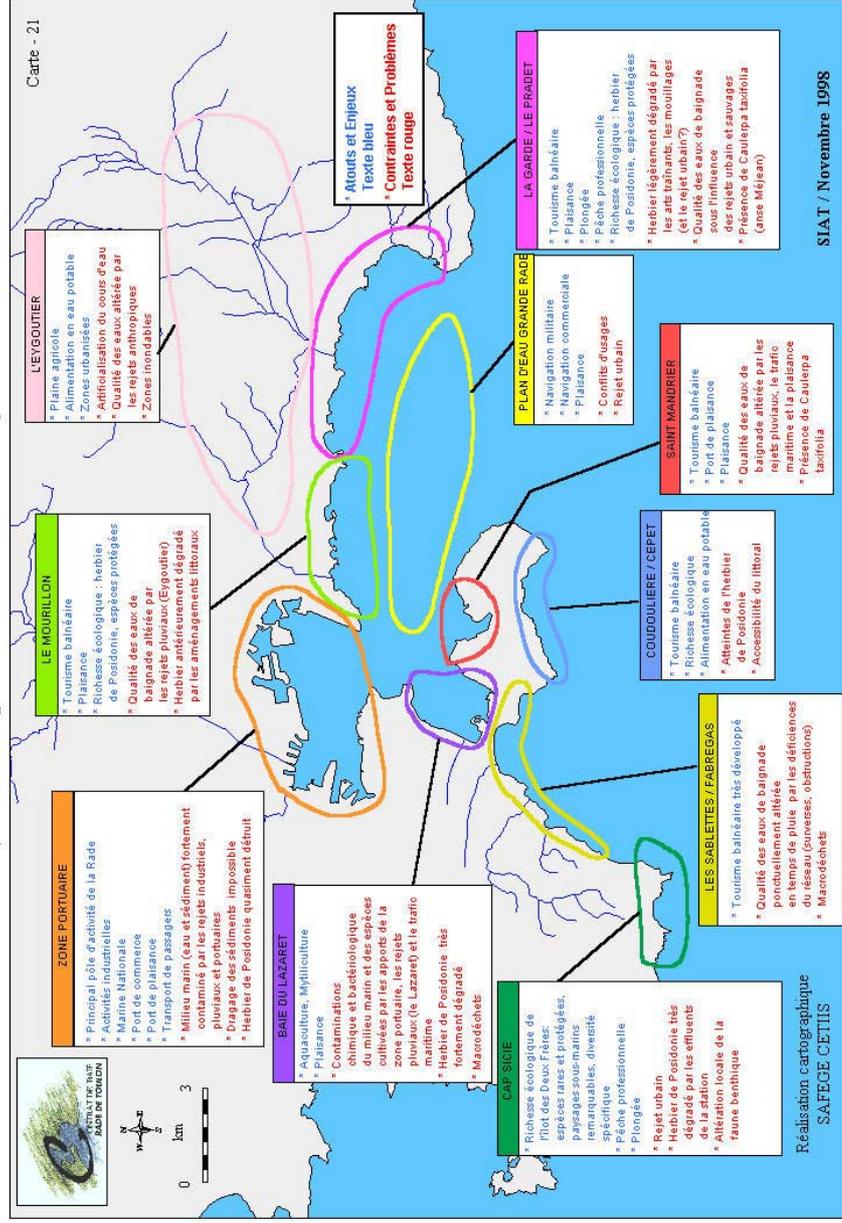


Annexe 2

Tableau récapitulatif par secteur de la zone d'étude des atouts et enjeux et des contraintes et problèmes (source : dossier préalable au contrat de baie)

Secteurs	Atouts et enjeux	Contraintes et problèmes
Zone portuaire	Principal pôle d'activités de la rade Activités industrielles Marine Nationale Port de commerce Port de plaisance Transport de passagers	Milieu marin (eau et sédiment) fortement contaminé par les rejets industriels, pluviaux et portuaires Dragage des sédiments impossible Herbier de Posidonie quasiment détruit
Baie du Lazaret	Aquaculture, mytiliculture plaisance	Contaminations chimiques et bactériologiques du milieu et des espèces cultivées par les apports de la zone portuaire, les rejets pluviaux et le trafic maritime
Le Mourillon	Tourisme balnéaire Plaisance Richesse écologique : herbier, espèces protégées	Qualité des eaux de baignade altérée par les rejets pluviaux (Egoutier) Herbier antérieurement dégradé par les aménagements
L'Egoutier	Plaine agricole Alimentation en eau potable Zones urbanisées	Artificialisation du cours d'eau Qualité des eaux altérée par les rejets anthropiques Zones inondables
La Garde et Le Pradet	Tourisme balnéaire Plaisance Plongée Pêche professionnelle Richesse écologique : herbier, espèces protégées	Herbier légèrement dégradé par les arts traïnants, les mouillages (et le rejet urbain ?) Qualité des eaux de baignade sous l'influence des rejets urbains et sauvages Présence de <i>Caulerpa taxifolia</i> (anse Méjean)
Grande Rade	Navigation militaire Navigation commerciale plaisance	Conflits d'usages Rejet urbain
Saint Mandrier	Tourisme balnéaire Port de plaisance Plaisance	Qualité des eaux de baignade altérée par les rejets pluviaux, le trafic maritime et la plaisance Présence de <i>Caulerpa taxifolia</i>
Coudouillère et Cap Cepet	Tourisme balnéaire Richesse écologique Alimentation en eau potable	Atteintes de l'herbier Accessibilité du littoral
Les Sablettes et Fabrégas	Tourisme balnéaire très développé	Qualité des eaux de baignade ponctuellement altérée en temps de pluie par les déficiences du réseau Macro déchets
Cap Sicié	Richesse écologique des îlots des Deux Frères Espèces rares et protégées Paysages sous marins remarquables Diversité spécifique	Rejet urbain Herbier très dégradé par les effluents de la STEP Altération locale de la faune benthique

Synthèse du diagnostic : contraintes, atouts et enjeux



Annexe 3

Fiches de synthèse par secteur

- Secteur 1 : la petite rade et la baie du Lazaret,
- Secteur 2 : de la Mitre au cap Brun,
- Secteur 3 : de la baie de la Garonne au cap de Carqueiranne,
- Secteur 4 : du cap Cepet à la pointe de Marégau,
- Secteur 5 : l'anse des Sablettes
- Secteur 6 : du cap Sicié à la pointe de l'Eperon.

Fiche de synthèse du secteur N°1 : petite rade et baie du Lazaret	
Contexte général	<p>Toulon, La Seyne sur mer, St-Mandrier. Concessions cultures marines, mytiliculture, ostréiculture et aquaculture, activités portuaires, industrielles, transport maritime, plaisance.</p> <p>Zones militaires interdites ZNIEFF 83M12.</p>
Contexte physique	<p>Linéaire de côte artificialisé à 90% ; deux pointes naturelles rocheuses (Balaguier et Eguillette).</p> <p>Secteur protégé, mode calme.</p>
Contexte biocénotique	<p>Herbier vivant inexistant, grandes zones de matte morte dans la partie centrale de la baie du Lazaret. Herbier à <i>Cy-modocea nodosa</i>, <i>Zostera noltii</i> et <i>Zostera marina</i> en fond de baie du Lazaret.</p> <p><i>Caulerpa taxifolia</i> à l'Ouest de la grande jetée, deux colonies en baie du Lazaret (2000 m² et 600 m²).</p> <p>Enrochements artificiels, faiblement colonisés.</p> <p>Absents.</p>
Situation administrative Socio-économie Réglementation	
Géomorphologie Hydrodynamique	
Herbier de Posidonie Caulerpa Petits fonds rocheux Peuplements du coralligène profond	

<p>Espèces remarquables</p> <p>Paysages sous marins</p> <p>Substrats</p>	<p><i>Cymodocea nodosa</i>, <i>Zostera marina</i>, <i>Zostera noltii</i>, <i>Pinna nobilis</i>.</p> <p>Intérêt médiocre.</p> <p>Sable Vaseux de Mode Calme, Vase portuaire en fond de darses.</p>
<p>Contexte qualité du milieu</p> <p>Peuplements du médiolittoral</p> <p>* Cystoseire</p> <p>* Lithophyllum</p> <p>Réseaux de surveillance</p>	<p>Absents.</p> <p>Absents.</p> <p>Ifremer (RNO, RNO sédiment, REPHY, REMI), DDASS, IPSN (OPERA), COEL (REPOM), RLM (RINBIO 2000)</p>
<p>Facteurs de risque et d'altération</p>	<p>Artificialisation des côtes, activités portuaires et industrielles, rejets diffus, apports telluriques, pollutions accidentelles, pollution organique, turbidité, modification des conditions hydrodynamiques et physico-chimiques, rejets aquacoles.</p>
<p>Evaluation dynamique de l'état des biocénoses</p> <p>Etat antérieur (années 1960-1970)</p> <p>Etat actuel</p>	<p>Présence d'herbiers de posidonie reliques et zones de matte morte, vastes herbier de Cymodocées et Zostères, témoins de récif barrière de posidonie.</p> <p>Disparition des herbiers de posidonie, herbiers réduits de Cymodocées et Zostères.</p>

Probabilité d'évolution	Faible probabilité de recolonisation des herbiers de phanérogames.
Propositions de mesures de suivi	Suivi des peuplements d'échinodermes – suivi des peuplements de poissons, face interne de la grande jetée. Suivi de l'herbier de Cymodocées

Fiche de synthèse du secteur N° 2 : la Mitre au cap Brun	
Contexte général	
Situation administrative	St-Mandrier, Toulon.
Socio-économie	Activité portuaire, activité militaire, pêche petits métiers, plaisance, tourisme balnéaire.
Réglementation	ZNIEFF 83M11, zones militaires, accès interdit.
Contexte physique	
Géomorphologie	Côte rocheuse accessible, aménagements artificiels.
Hydrodynamique	Mode exposé, orientation Sud-Est, Nord-Ouest.
Contexte biocénotique	
Herbier de Posidonie	Herbier de faible vitalité, faible recouvrement, macrostructure variée, intermattes, zones de sable, tombants érosifs. Limite supérieure morcelée en placage sur roche, limite inférieure de type régressive à moins de 20 m de profondeur. Largues zones de matte morte jusqu'à 30 m de profondeur. Récif barrière relique au Mourillon.
Caulerpa	Peuplements très denses de <i>Caulerpa taxifolia</i> et <i>Caulerpa racemosa</i> , des faibles profondeurs jusqu'à 50 m de profondeur.
Petits fonds rocheux	Petits blocs et éboulis à peuplements photophiles, faible pente, enrochements artificiels faiblement colonisés.

Peuplements du coralligène profond	Absents.
Espèces remarquables	<i>Posidonia oceanica</i> , <i>Pinna nobilis</i> .
Paysages sous marins	Intérêt moyen sur les petits fonds rocheux, intérêt médiocre sur la zone.
Substrats	Substrat sub-horizontal dans la zone, blocs rocheux, sable fin à faible profondeur et dans l'herbier de posidonie, détritique côtier.
Contexte qualité du milieu	
Peuplements du médiolittoral	Peuplements clairsemés à denses sur les pointes rocheuses.
* Cystoseira	Peuplements clairsemés à denses sur les pointes, absence d'encorbellements.
* Lithophyllum	
Réseaux de surveillance	Ifremer (RNO sédiment), DDASS, RLM (RINBIO 1998-2000)
Facteurs de risque et d'altération	Littoral artificialisé, activités portuaires, surpêche (arts traînants).
Evaluation dynamique état des biocénoses	
Etat antérieur (années 1960-1970)	Extension de l'herbier de posidonie sur la majorité des fonds jusqu'à 30 m profondeur, petits fonds rocheux sur l'en-semble de la côte.
Etat actuel	Morcellement de la limite supérieure de l'herbier, remontée de la limite inférieure à moins de 20 m, disparition du littoral naturel.
Probabilité d'évolution	Faible probabilité de recolonisation de l'herbier de posidonie.

Propositions de mesures de suivi

Point de surveillance de l'herbier de posidonie en limite supérieure au niveau des aménagements du Mourillon ;
Suivi des peuplements d'échinodermes, suivi des peuplements de poissons, face externe de la grande jetée, aménagements du Mourillon.

Fiche de synthèse du secteur N° 3 : baie de la Garonne au cap de Carqueiranne	
Contexte général	
Situation administrative	Toulon, La Garde, le Pradet.
Socio-économie	Pêche petits métiers, tourisme balnéaire, plaisance.
Réglementation	ZNIEFF 83M11. Périmètre de protection de l'émissaire de Ste Marguerite
Contexte physique	
Géomorphologie	Côte rocheuse accessible, plages de galets, plage de sable.
Hydrodynamique	Mode exposé, orientation Nord-Ouest, Sud.
Contexte biocénotique	
Herbier de Posidonie	Herbier à macrostructure hétérogène, vitalité moyenne, intermattes, zones de sable, recouvrement moyen. dans la partie centrale de la baie de la Garonne. Limite inférieure de type régressive à 20 m de profondeur, zones de matie morte au-delà de l'herbier vivant. Au droit du cap de Carqueiranne, extension de l'herbier dense jusqu'à 30 m de profondeur, bonne vitalité, fort recouvrement.
Caulerpa	Peuplements denses de <i>Caulerpa taxifolia</i> et <i>Caulerpa racemosa</i> dans la partie centrale de la baie de la Garonne. Colonies de <i>C. taxifolia</i> isolées au droit du cap de Carqueiranne.
Petits fonds rocheux	Petits blocs et éboulis à peuplements photophiles, faible pente. brondes et affleurements à surplombs sciaphiles au

<p>Peuplements du coralligène profond</p> <p>Espèces remarquables</p> <p>Paysages sous marins</p> <p>Substrats</p>	<p>droit des pointes.</p> <p>Peuplements du pré-coraligène localisés, sur roches profondes au large du cap de Carqueiranne. Peuplements caractéristiques des grottes sous-marines dans la grotte de la Pte Ste Marguerite.</p> <p><i>Posidonia oceanica</i>, <i>Pinna nobilis</i>, <i>Eunicella stricta</i>.</p> <p>Intérêt moyen sur les petits fonds rocheux ; intérêt remarquable dans la grotte Ste Marguerite.</p> <p>Substrat sub-horizontale dans la zone, blocs rocheux, sable fin à faible profondeur et dans l'herbier de posidonie, détritique côtier.</p>
<p>Contexte qualité du milieu</p> <p>Peuplements du médiolittoral</p> <p>* Cystoseire</p> <p>* Lithophyllum</p> <p>Réseaux de surveillance</p>	<p>Peuplements absents (zones de plages) à très denses sur les pointes.</p> <p>Peuplements absents à denses, absence d'encorbellements.</p> <p>Carré permanent existant dans l'anse Méjean (herbier de posidonie/<i>Caulerpa taxifolia</i>).</p> <p>RLM (RINBIO 1996), DDASS</p> <p>Programme de surveillance rejets urbains (qualité du sédiment)</p>
<p>Facteurs de risque et d'altération</p>	<p>Surpêche (arts traînants), aménagements balnéaires.</p>
<p>Evaluation dynamique état des biocénoses</p> <p>Etat antérieur (années 1960-1970)</p>	<p>Extension des herbiers de posidonie sur l'ensemble de la baie jusqu'à 30 m de profondeur.</p>

Etat actuel	Remontée de la limite inférieure à 20 m de profondeur dans la partie centrale de la baie de la Garonne. Morcellement de la limite supérieure au droit de la Pte Ste Marguerite.
Probabilité d'évolution	Stabilité voire régression de l'herbier de posidonie.
Propositions de mesures de suivi	Point de surveillance de l'herbier de posidonie en limite inférieure, pointe de la Garonne. Suivi des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral. Reprise du suivi du carré permanent de l'anse Méjean.

Fiche de synthèse du secteur N° 4 : pointe Marégaud au cap Cepet	
Contexte général	
Situation administrative	St-Mandrier.
Socio-économie	Pêche petits métiers, activités militaires.
Réglementation	Zones militaires interdites d'accès.
Contexte physique	
Géomorphologie	Côte rocheuses très découpée, falaise accessibles et falaises non accessibles, plages de galets.
Hydrodynamique	Mode très exposé, orientation Est, Ouest et Sud.
Contexte biocénotique	
Herbier de Posidonie	Frange étroite d'herbier de posidonie à bonne vitalité et fort recouvrement. Limite supérieure en placage sur roche à partir de 6-8 m de profondeur, extension sur fond sableux jusqu'à 30 m de profondeur. Morcellement de la limite supérieure au niveau de la zone sableuse de la Coudoulière. Interruption de l'herbier à l'Est du cap Cepet, taches reliques sur matte morte sur la face Est du cap Cepet.
Caulerpa	Absence.
Petits fonds rocheux	Eboulis, blocs, socle rocheux à forte pente, sur l'ensemble du linéaire (à l'exception des plages de la Coudoulière et Renardière), peuplements photophiles et petits surplombs sciaphiles.

<p>Peuplements du coralligène profond</p> <p>Espèces remarquables</p> <p>Paysages sous marins</p> <p>Substrats</p>	<p>Absents.</p> <p><i>Posidonia oceanica</i>, <i>Pinna nobilis</i>.</p> <p>Intérêt moyen paysages de blocs et éboulis dans les petits fonds.</p> <p>Blocs rocheux, éboulis, large zones de galets et sable fin au droit des plages de la Coudoulière et Renardière, sable grossier bien calibré au-delà de l'herbier de posidonie, large zone de matie morte sur la face Est du cap Cepet.</p>
<p>Contexte qualité du milieu</p> <p>Peuplements du médiolittoral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cystoseira • Lithophyllum <p>Réseaux de surveillance</p>	<p>Peuplements denses, à très denses sur les pointes.</p> <p>Peuplements denses à très denses, absence d'encorbellements.</p> <p>Rejet du cap Cepet (non fonctionnel)</p> <p>Existence d'un carré permanent (herbier de posidonie) dans le secteur du Canier.</p> <p>RLM (RINBIO 2000)</p> <p>CQEL (REPOM), DDASS</p>
<p>Facteurs de risque et d'altération</p>	<p>Surpêche (arts traînants), aménagements militaires, ancienne zone de dumping.</p>
<p>Evaluation dynamique état des biocénoses</p> <p>Etat antérieur (années 1960-1970)</p>	<p>Extension de l'herbier de posidonie, localement (pointe Maregau) jusqu'à environ 30 m de profondeur. Zones d'her-</p>

Etat actuel	<p>bier jusqu'à 10-15 m de profondeur sur la face Est du cap Cepet.</p> <p>Stabilité des limites de l'herbier sur la face sud de la presqu'île de St-Mandrier ; Disparition de l'herbier sur la face Est du Cap Cepet.</p>
Probabilité d'évolution	Stabilité de l'herbier de posidonie.
Propositions de mesures de suivi	Suivi des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral.

Fiche de synthèse du secteur N° 5 : anse des Sablettes	
Contexte général	<p>La Seyne sur mer.</p> <p>Tourisme balnéaire, pêche petits métiers, plongée sous-marine.</p> <p>ZNIEFF 83M10.</p>
Contexte physique	<p>Falaises rocheuses accessibles, plages de galets, plages de sable.</p> <p>Mode exposé, orientation Sud-Est.</p>
Contexte biocénotique	<p>Herbier dense à fort recouvrement, bonne vitalité, extension au-delà de 30 m de profondeur, limite inférieure franche. Limite supérieure en placage sur roche jusqu'à 2 m, tombants de matte érosifs en bordure de zone sableuse (St Selon, Bau Rouge, Fabrégas, Sablettes).</p> <p>Absence.</p> <p>Blocs, socles et brondes rocheuses le long de la côte, en pente douce, et dans le prolongement des pointes, peuplements photophiles sur les faces supérieures, quelques failles à peuplements sciaphiles.</p>
<p>Caulerpa</p> <p>Petits fonds rocheux</p>	

Peuplements du coralligène profond	peuplements du pré-coraligène moyennement denses sur la remontée rocheuse de St-Elme, de 18 m à 10 m de profondeur, peuplements de poissons denses.
Espèces remarquables	<i>Posidonia oceanica</i> , <i>Pinna nobilis</i> .
Paysages sous marins	Intérêt moyen, paysages de blocs et éboulis dans les petits fonds – intérêt remarquable, grande diversité structurale sur la sèche de St-Elme.
Substrats	Blocs rocheux, éboulis, larges zones de sable fin au droit des plages et le long de la côte rocheuse en amont de l'herbier de Posidonie.
Contexte qualité du milieu	
Peuplements du médiolittoral	Peuplements clairsemés à denses sur les pointes rocheuses.
<ul style="list-style-type: none"> • Cystoseira • Lithophyllum* 	Peuplements clairsemés à denses sur les pointes, absence d'encorbellements.
Réseaux de surveillance	DDASS, RLM (RINBIO 1996)
Facteurs de risque et d'altération	
	Surpêche (arts traînants), surfréquentation plongée sous-marine, aménagements balnéaires
Evaluation dynamique état des biocénoses	
Etat antérieur (1960-1980)	Extension de l'herbier de Posidonie, dans l'ensemble de la baie des Sablettes jusqu'à environ 30 m de profondeur.
Etat actuel	Stabilité des limites de l'herbier.

Probabilité d'évolution	Stabilité de l'herbier de posidonie, maintien des peuplements du pré-corallogène de la remontée de St-Elme.
Propositions de mesures de suivi	Mise en place d'un carré permanent, pour le suivi de l'évolution de l'herbier de posidonie dense dans une zone soumise à pression de mouillage.

Fiche de synthèse du secteur N° 6 : pointe de l'Eperon au cap Sicié	
Contexte général	<p>Six-Fours les plages, La Seyne sur mer.</p> <p>Pêche aux petits métiers, plongée sous-marine, chasse sous-marine.</p> <p>ZNIEFF 83M08 et 83M09.</p>
Contexte physique	<p>Côte naturelle accore, massif à fort relief (365 m), falaises rocheuses inaccessibles, îlots et hauts fonds.</p> <p>Mode très exposé, orientation Est, Ouest et Sud, forts courants.</p>
Contexte biocénotique	<p>Bande étroite (de 12 à 28 m de profondeur), vitalité moyenne, globalement à fort recouvrement excepté en limites, morcellement en limite supérieure, mode régressif, zones de matte morte en limite inférieure. Disparition totale au droit du rejet de la station d'épuration.</p> <p>Absence.</p> <p>Eboulis, socles, failles, forte pente (20%) jusqu'à 10 m de profondeur. Peuplements photophiles sur la face supérieure des blocs et brondes, peuplements sciaphiles sous les surplombs des failles.</p>
<p>Caulerpa</p> <p>Petits fonds rocheux</p>	

Peuplements du coralligène profond	Peuplements bien représentés sur les remontées rocheuses du cap Sicié et îlots des Deux Frères, de 40 m à 10-15 m de profondeur, forte biodiversité, grande qualité écologique, forte densité des peuplements de poissons peuplements de gorgones sur l'épave Arroyo.
Espèces remarquable	<i>Posidonia oceanica</i> , <i>Corallium rubrum</i> , <i>Paramuricea clavata</i> , <i>Eumicella singularis</i> , <i>Eumicella cavolinii</i> , <i>Axinella polypoides</i> , <i>Centrostephanus longispinus</i> , <i>Scyllarides latus</i> , <i>Epinephelus marginatus</i> , <i>Sciaenops ocellatus</i> .
Paysages sous marins	Intérêt remarquable sur la sèche de Sicié et îlots des Deux Frères, qualité paysagère (reliefs rocheux) associée à la diversité écologique, espèces rares.
Substrats	Remontées rocheuses, zones de sable grossier à faible profondeur, et au-delà de l'herbier de Posidonie.
Contexte qualité du milieu	
Peuplements du médiolittoral * Cystoseira * Lithophyllum	Peuplements denses, à très denses sur les pointes, absence localisée dans le secteur de la station d'épuration Amphitritia. Peuplements denses à très denses, présence d'encorbellements.
Réseaux de surveillance	Stations RSP RLM (RINBIO 2000) Suivi écologique au droit du rejet (SIRTEMEU) ; 3 points du Réseau Surveillance Posidonie (limite supérieure et inférieure).
Facteurs de risque et d'altération	Rejet urbain de la station Amphitritia, surpêche professionnelle (arts traînants), surfréquentation plongée sous-marine.
Evaluation dynamique état des bio-	

<p>cénoses</p> <p>Etat antérieur (années 1950-1970)</p> <p>Etat actuel</p> <p>Probabilité d'évolution</p>	<p>Frange continue d'herbier de posidonie, extension en profondeur jusqu'à 30 m de profondeur.</p> <p>Disparition de l'herbier de posidonie au droit du rejet, remontée de la limite inférieure, morcellement de la limite supérieure.</p> <p>Stabilité voire régression de l'herbier (données RSP), maintien des peuplements du coralligène.</p>
<p>Propositions de mesures de gestion et de suivi</p>	<p>Mise en œuvre d'une réflexion pour la création d'une aire marine protégée sur le secteur de Sicié – Deux Frères.</p> <p>Suivi des peuplements d'échinodermes – suivi des peuplements de poissons, îlots des Deux Frères.</p> <p>Suivi des peuplements de gorgones, îlots des Deux Frères, sèche de Sicié.</p> <p>Suivi des peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral</p> <p>évaluation des usages socio-économiques, secteur Sicié – Deux Frères.</p>

Annexe 4

Planches photographique

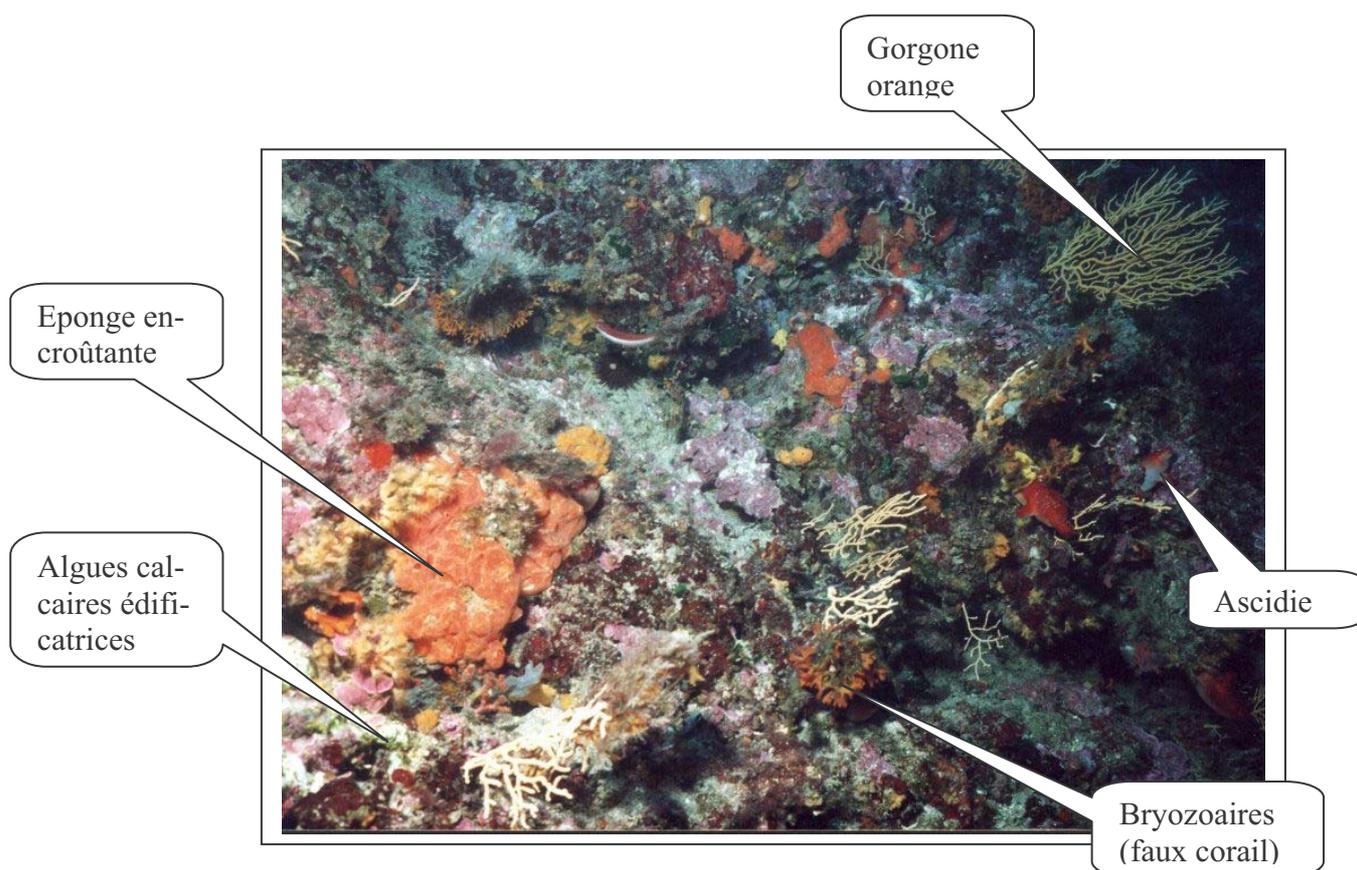
Crédit photographique : Gilles Hervé et Eric Emery, plongée du 23 mars 2001 sur le site des Deux Frères



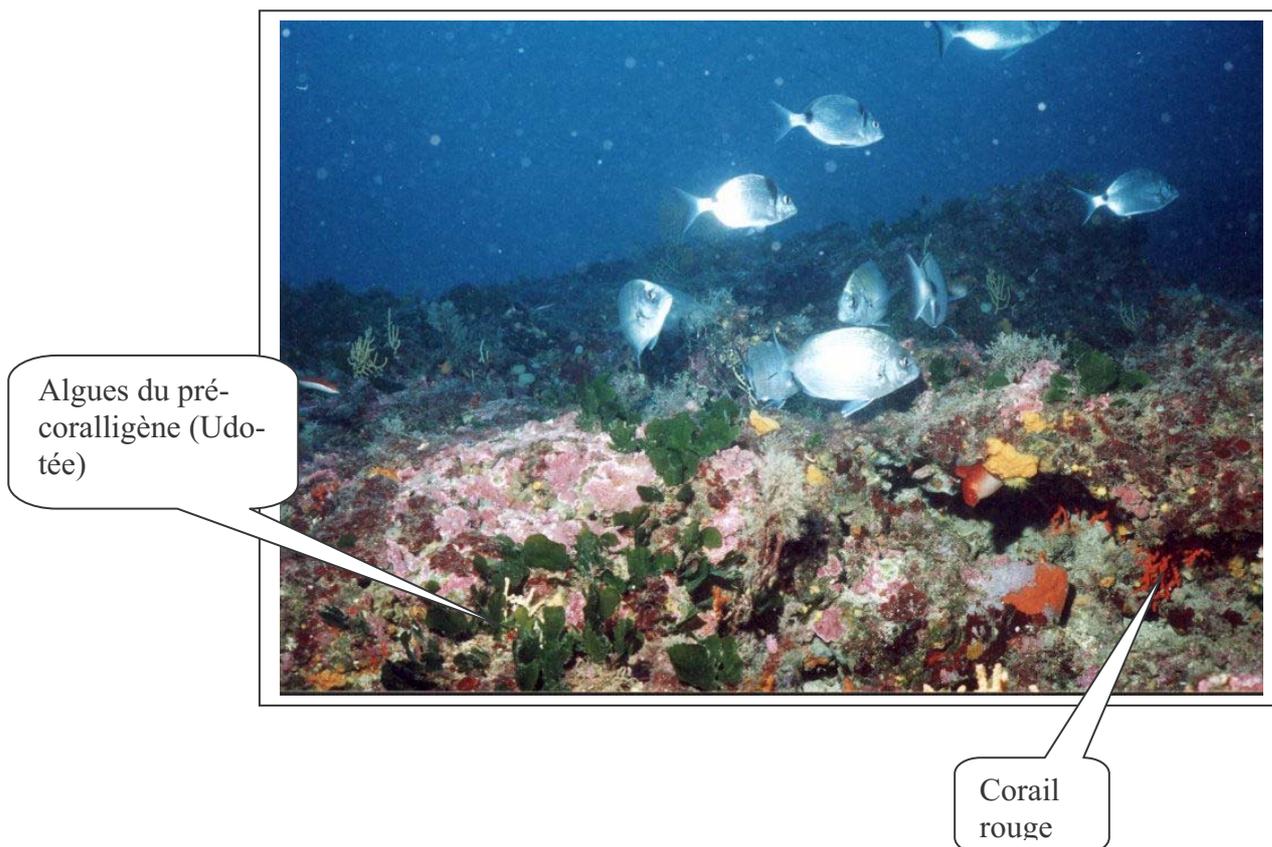
Scientifique procédant à l'inventaire *in situ* avec prise de notes en temps réel des observations effectuées. Ici, on distingue le fonds sableux par -38 m au pied du tombant des îlots des Deux Frères.



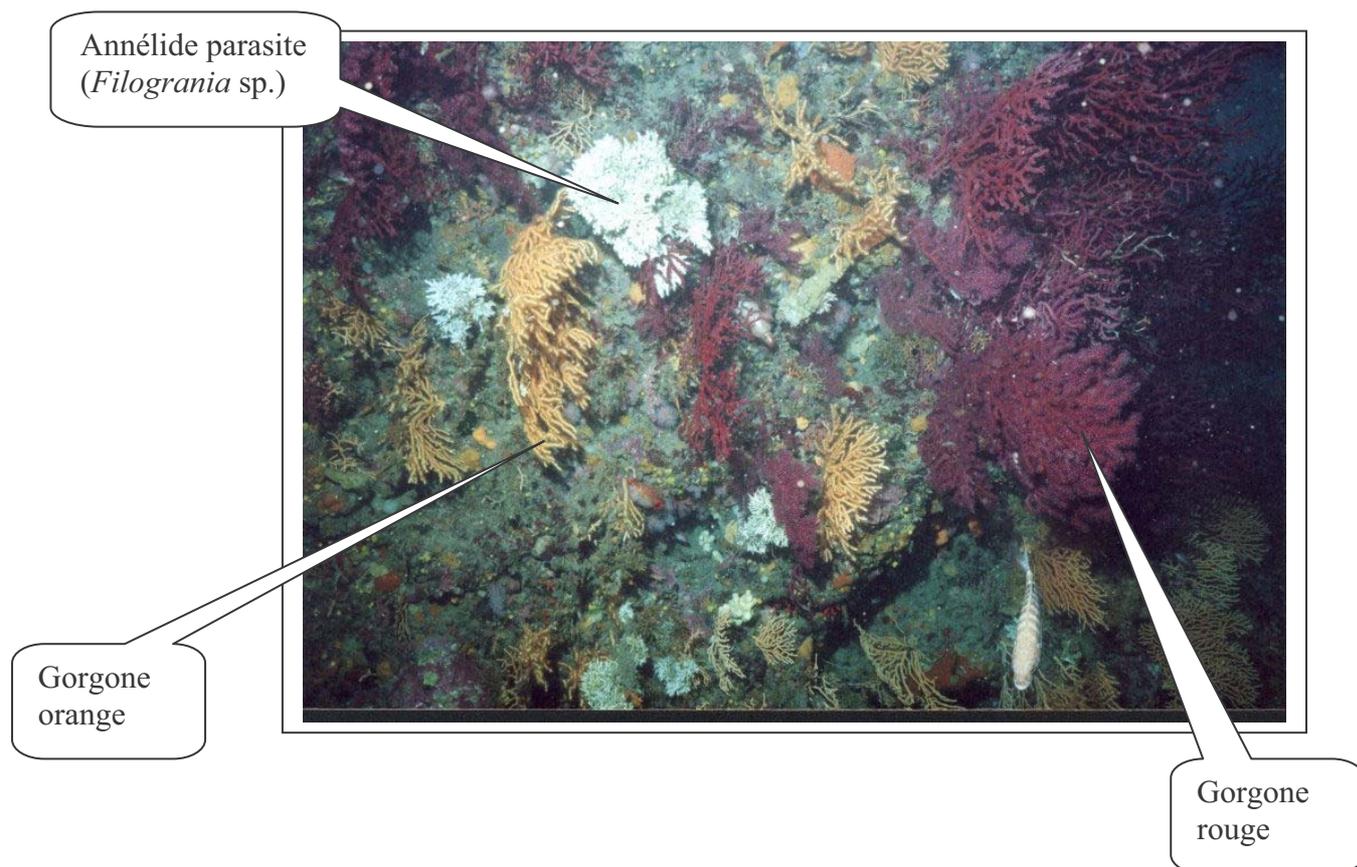
Paysage typique du site des Deux Frères, avec alternance de roche et de peuplements colorés.



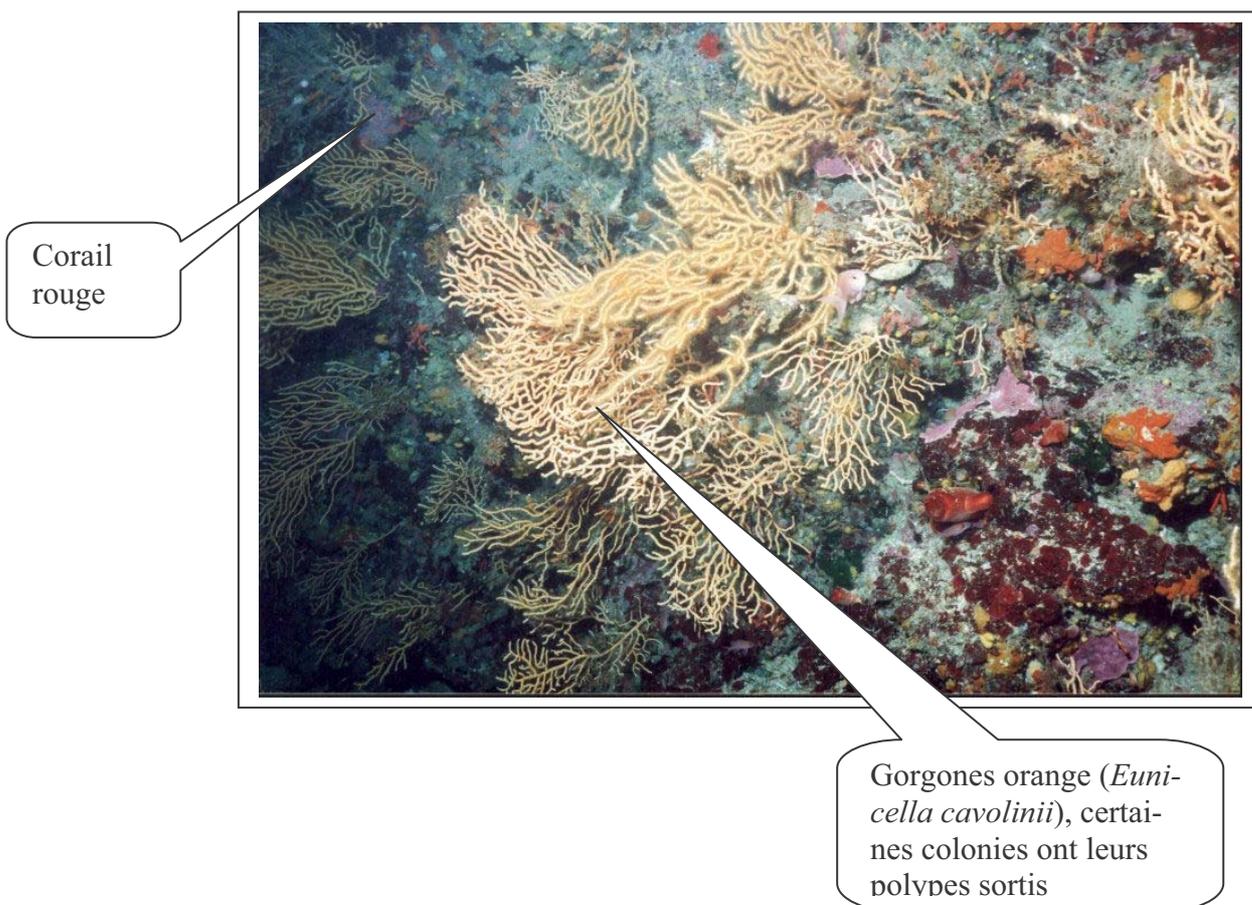
Peuplement varié d'espèces édificatrices du corraligène (algues encroûtantes) et colonisatrices (éponges, bryozoaires, ascidies, gorgones)



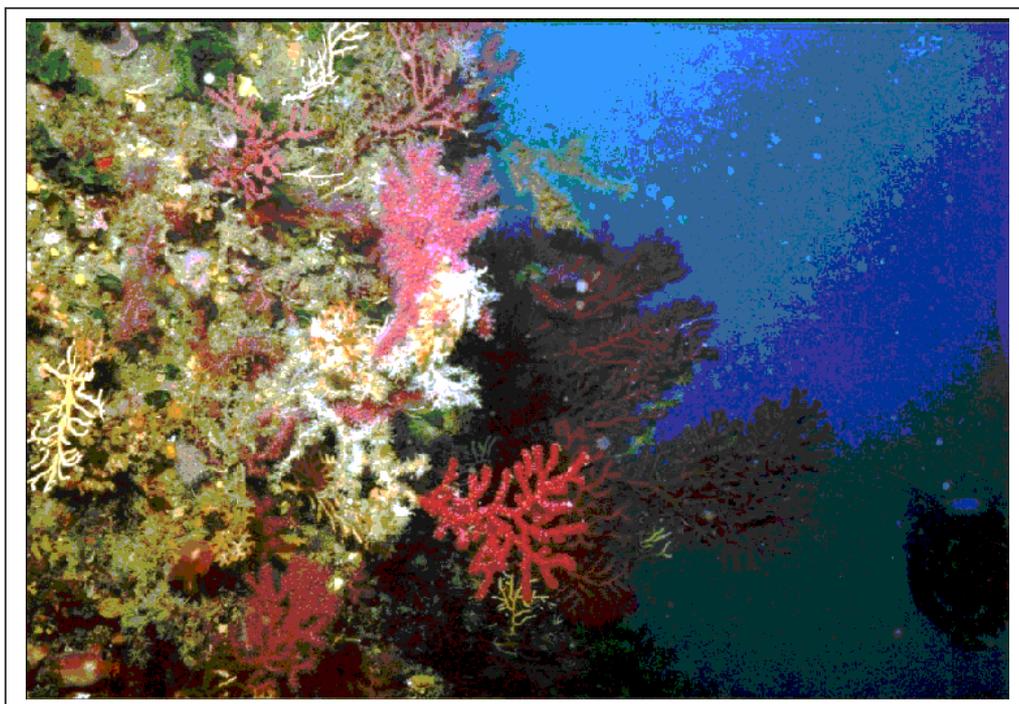
Bancs de sars au dessus de peuplements du coralligène se développant sur un substrat sub-horizontale



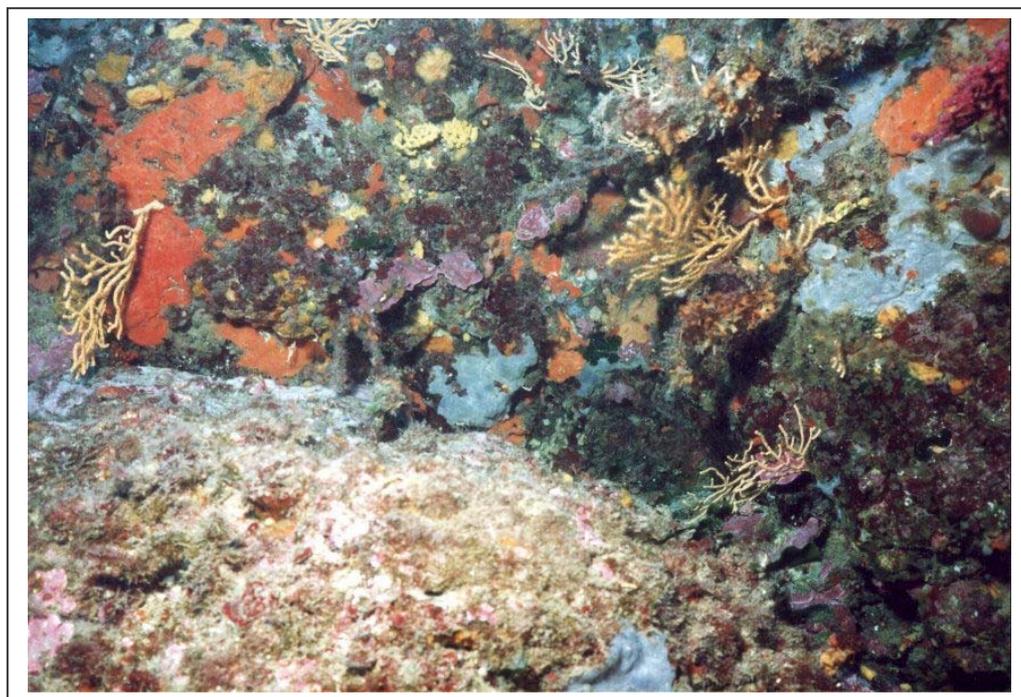
Peuplements mixtes de gorgones rouges (*Paramuricea clavata*) et gorgones oranges (*Eunicella cavolinii*). On distingue plusieurs colonies d'un annélide parasite, d'aspect blanc cassant, qui parasite fréquemment les peuplements du coralligène, dont les gorgones.



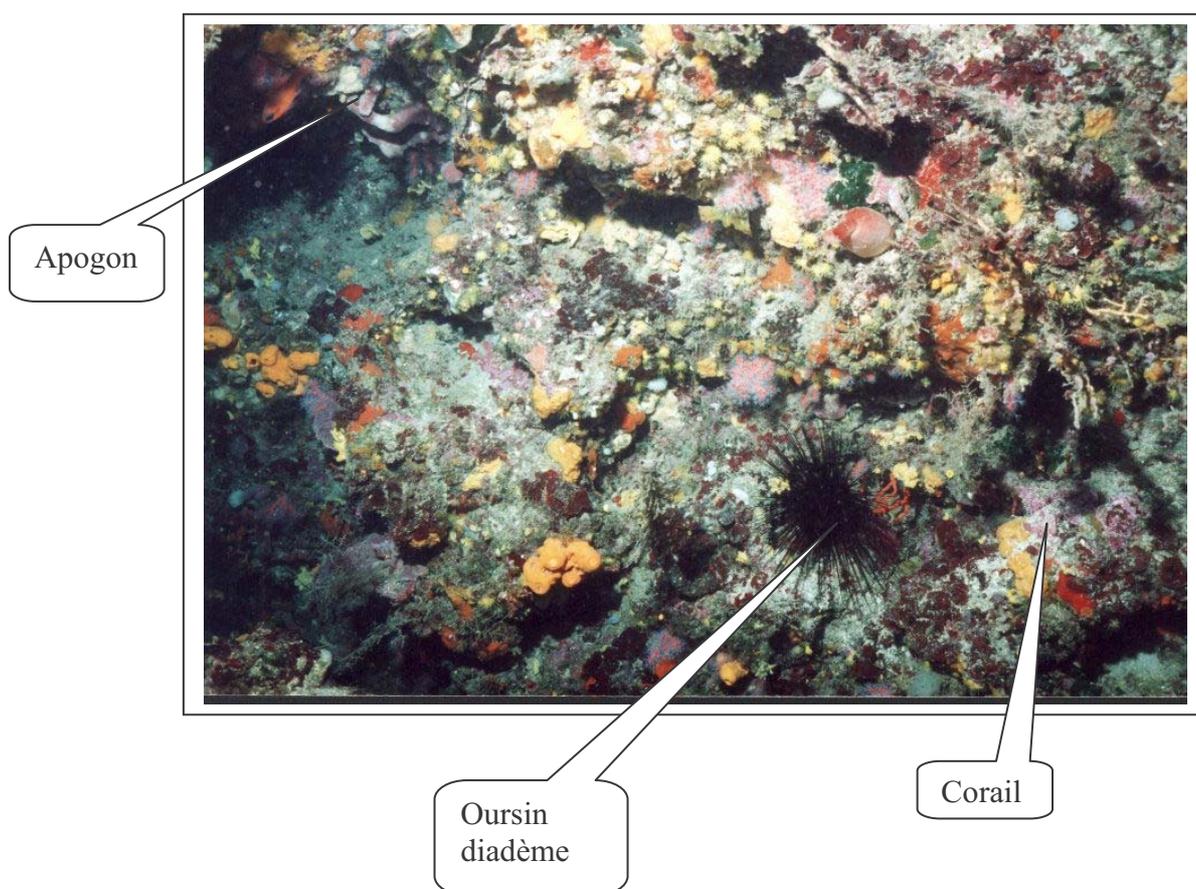
Peuplements de gorgone orange (*E. cavolinii*) qui colonisent un substrat sub-vertical.



Développement des peuplements de gorgones sur du substrat sub-vertical (« tombant »). Le déploiement de polypes en pleine eau leur permet de filtrer et absorber les particules de matière organique nécessaire à leur croissance.

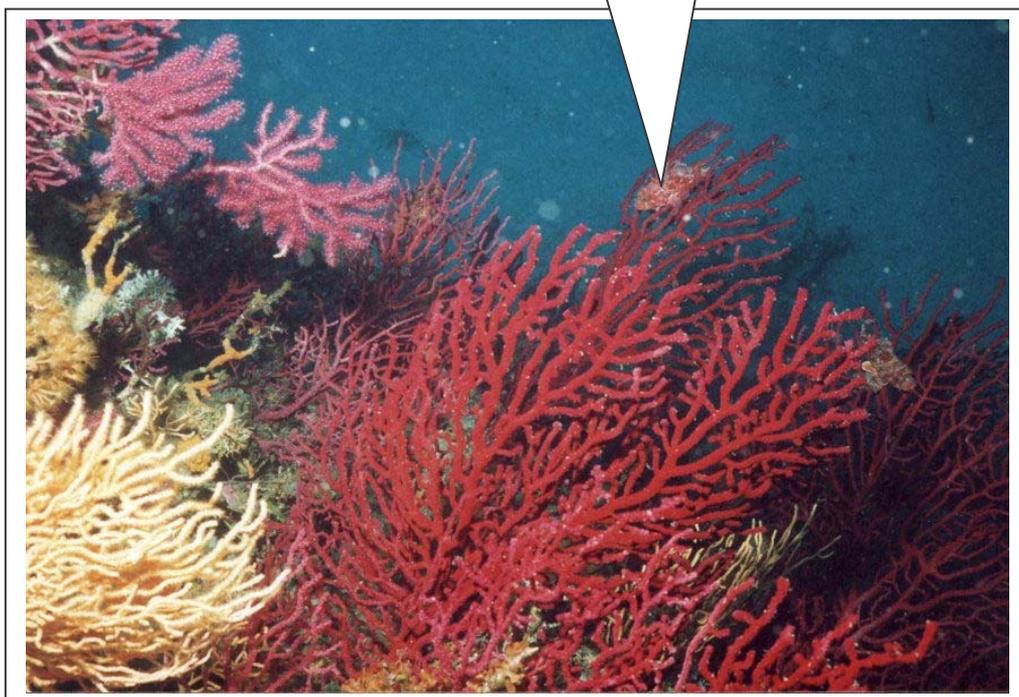


Peuplements d'éponges encroûtantes (oranges et bleues).

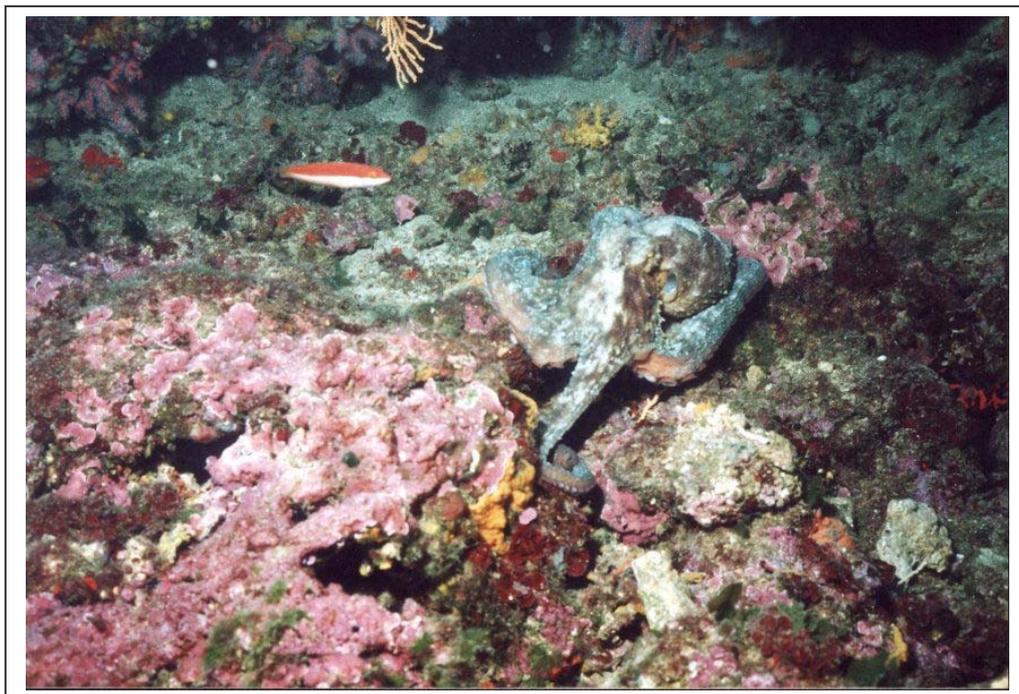


Oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*), espèce protégée par l'Arrêté du 26/11/92, relativement rare en Méditerranée occidentale. Il affectionne les creux de roches et les peuplements du coralligène. On observe également de nombreuses colonies de corail rouge (polype déployés) ainsi qu'un couple d'apogons (en haut à gauche) surveillant leur territoire.

Rascasse (*Scorpaena* sp.)



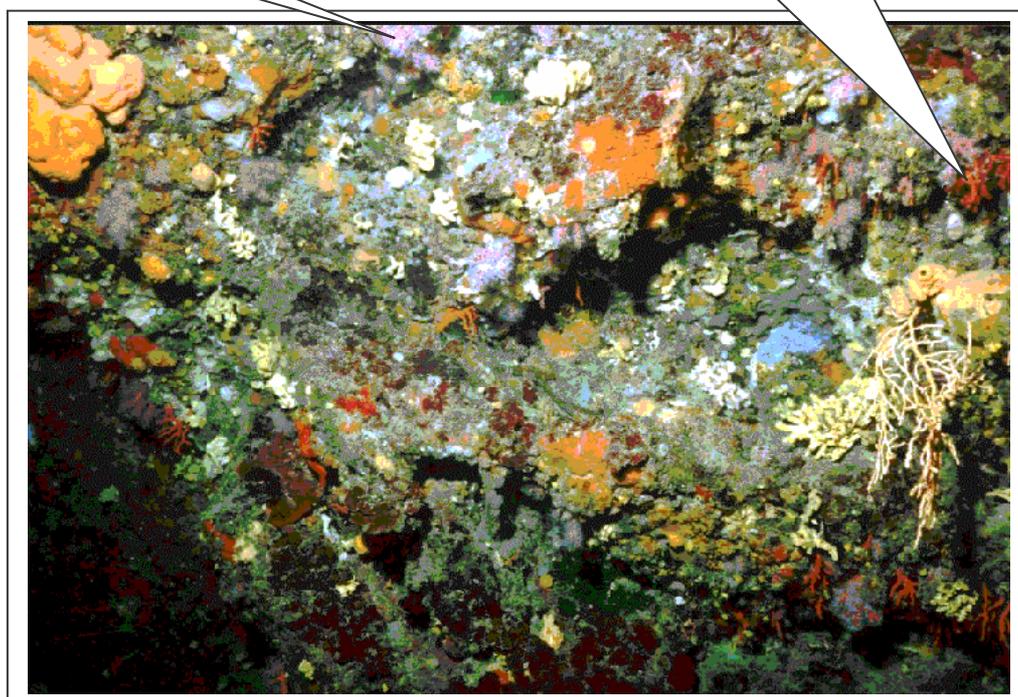
Peuplement dense de gorgones rouges



Poulpe (*Octopus vulgaris*) cherchant à se dissimuler dans une cavité. Il possède la faculté d'adapter sa couleur à celle de l'environnement qui l'entoure (homochromie).

Colonies de *C. rubrum*,
les polypes sortis donnent
leur couleur blanchâtre

Lorsque les polypes sont
rentrés, la couleur rouge
sombre caractérise l'espèce



Peuplements de corail rouge (*Corallium rubrum*), espèce exploitée commercialement pour l'artisanat de bijoux. Il est inscrit à l'annexe III des conventions de Berne et de Barcelone.

Annexe 5

Caractéristiques du site pressenti pour la mise en place de mesures de protection

<p>Synthèse des objectifs d'une AMP</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ préserver la biodiversité ➤ établir un cadre juridique de fréquentation du site ➤ gérer la fréquentation du site ouvert au public en terme de préservation des écosystèmes ➤ gérer la coexistence des usages, dont les intérêts sont souvent contradictoires ➤ gérer les actions de communication sur la démarche de protection <p>mettre en œuvre des actions de suivi scientifique des écosystèmes et des peuplements</p>
<p>Caractéristiques géomorphologiques du site</p>	<p>Falaises rocheuses accores, prolongement vers la mer d'un massif qui culmine à 365 m d'altitude (Notre Dame du Mai). La côte rocheuse, et les falaises verticales sont inaccessibles depuis la terre. Le débarquement est rendu périlleux, par l'absence de replats, ainsi que par le nombre importants de hauts fonds et de rochers émergents situés dans le prolongement des pointes et dans le fond des criques.</p> <p>La morphologie sous-marine est à l'image du linéaire de côte : socle rocheux de forte pente, parsemé de blocs de toutes tailles (jusqu'à plusieurs mètres de diamètre) ainsi que de zones d'éboulis. La pente rocheuse se termine, à 60 m de distance de la côte et à 10 m de profondeur, sur un fond sableux qui présente une déclivité plus douce. Dans les criques, le fond sableux est sub-horizontale, de gros blocs rocheux, issus de l'érosion des falaises, sont posés sur le sable et remontent jusqu'à la surface, interdisant l'accès à la côte.</p>

	<p>La remontée rocheuse de Sicié, débute à 43 m de profondeur et remonte jusqu'à -4 m, au droit du cap Sicié. A l'Est du cap Sicié, les îlots des Deux Frères, culminants à 30 m d'altitude, sont reliés à la côte par un plateau rocheux qui ne dépasse pas -15 m. Il sont entourés de zones d'éboulis et d'un tombant rocheux qui se terminent, sur la face Sud Est, sur du sable grossier à 40 m de profondeur.</p> <p>Le courant géostrophique général, orienté de l'Est vers l'Ouest, passe à faible vitesse (0.4 nœuds) au large de St-Mandrier et du cap Sicié au niveau duquel il s'accélère. Ce mouvement donne un contre courant, orienté de l'Ouest vers l'Est, au voisinage du littoral dans la baie des Sablettes.</p>
<p>Communautés remarquables</p>	<p>Le trottoir à <i>Lithophyllum byssoïdes</i></p> <p>L'algue calcaire <i>Lithophyllum byssoïdes</i> (anciennement <i>L. lichenoïdes</i>, Rodophyta, Corallinacées), qui se développe sur les substrats durs du sous-étage inférieur de l'étage médiolittoral peut édifier des "encorbellements" (plus connus sous le nom de trottoirs), une corniche en porte-à-faux qui peut atteindre jusqu'à 2 m de largeur. L'édification d'un encorbellement est un phénomène d'une lenteur exceptionnelle (plusieurs siècles) ; sa destruction est donc irréversible à l'échelle humaine. Leur situation même, ainsi que leur structure poreuse, rendent ces formations particulièrement vulnérables aux pollutions de surface telles que les eaux polluées des émissaires urbains, les films d'hydrocarbure et les phosphates des détergents, ainsi qu'aux agressions mécaniques (débarquement, piétinement).</p> <p>L'algue calcaire <i>Lithophyllum byssoïdes</i> est présente sur la plus grande partie du secteur sous forme de bourrelets non coalescents. Par ailleurs, 11 encorbellements à <i>Lithophyllum byssoïdes</i> ont pu être recensés entre la pointe de l'Eperon et les Deux Frères. C'est le seul secteur de la grande rade de Toulon où ce type de bioconstruction a pu être observé.</p>

Les fonds coralligènes

Les remontées rocheuses ("sèches") du cap Sicié, qui débutent sur le sable à 43 m de profondeur et remontent à 4 m par plateaux successifs, sont des sites exceptionnels, tant par leur esthétique paysagère que par la qualité biologiques de leur peuplements. Les peuplements, de Gorgones rouges *Paramuricea clavata*, oranges *Eunicella cavolinii*, et blanches *E. singularis*, qui s'étalent des roches les plus profondes jusque vers 10 m de profondeur avec des densités très importantes semblent avoir échappés aux grandes vagues de mortalité observées, durant les périodes estivales. Le Corail rouge (*Corallium rubrum*), espèce exploitée commercialement, inscrite dans l'annexe III de la convention de Berne, est également abondant à partir de 15 m de profondeur.

On trouve sur les plateaux et le long des tombants rocheux autour des îlots des Deux Frères, l'essentiel des espèces du coralligène profond, comme les peuplements de Gorgones rouges et oranges, grands bryozoaires dressés, éponges (*Axinella polyoides*), etc., qui s'étendent de 15 m de profondeur jusqu'au pied du tombant, à 38 m de profondeur, mais présentent un développement moyen. En revanche, les peuplements de Corail rouge y sont particulièrement développés, et présentent une densité remarquable, bien que la taille des colonies reste moyenne (5 à 10 cm, les colonies les plus grandes faisant 20 cm). Les zones d'éboulis, sur la façade Est des îlots, sont plutôt le domaine de prédilection des poissons et des grands invertébrés mobiles. Plusieurs espèces protégées ou d'intérêt patrimonial ont pu y être observées telles que plusieurs individus de Mérout brun, Corb, grande Cigale, Langoustes et Oursin diadème. On note une abondance particulière des peuplements de poissons.

L'épave de l'Arroyo, située au pied des Deux Frères, face Est, présente un certain intérêt sur le plan écologique, qui réside essentiellement dans les peuplements de Gorgones rouges relativement bien développés. Le trou de la cheminée sert d'abris à plusieurs Congres et Apogons, les sars et les Castagnoles règnent en banc autour de l'épave.

	<p style="text-align: center;"><i>L'herbier à Posidonia oceanica</i></p> <p>Le long du littoral rocheux accore de la pointe de l'Eperon au cap Sicié, l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> occupe une bande étroite, entre 12 et 28 m de profondeur en moyenne. C'est un herbier clairsemé de vitalité moyenne qui présente des traces de régression anciennes et actuelles, le long de ses limites inférieures et supérieures. Cette régression est due majoritairement à l'influence du rejet urbain du cap Sicié.</p> <p>En revanche, sur la face Est du cap Sicié, entre la côte et les îlots des Deux Frères, sur un plateau rocheux qui ne dépasse pas 15 m de profondeur, se développe un herbier qui présente une bonne vitalité. A l'est du cap Sicié la limite inférieure de l'herbier est franche, se situe aux alentours de 30 m de profondeur, ce qui semble normal pour le contexte géographique de la zone.</p>
<p>Paysages remarquables</p>	<p>La richesse spécifique des peuplements du coralligène profond se traduit par des paysages sous marins remarquables, en grande partie composés de peuplements de Gorgones rouges (<i>Paramuricea clavata</i>) et orange (<i>Eunicella cavolinii</i>), très appréciés des plongeurs sous-marins. Les sites des remontées rocheuses de Sicié et des îlots des Deux Frères constituent sans aucun doute le principal attrait paysager de ce secteur.</p> <p>Les petits fonds rocheux du secteur constituent également des fonds sous-marins attrayants, tant d'un point de vue paysager, qu'écologique. Ils s'étendent de la surface jusqu'à 12 m de profondeur.</p>
<p>Espèces remarquables</p>	<p><u>Phanérogames</u> :</p> <p><i>Posidonia oceanica</i> (Posidonie)</p> <p><u>Algues</u> :</p> <p><i>Lithophyllum byssoïdes</i> (Algue du trottoir)</p>

Cystoseira amentacea var. *stricta* (Cystoseire)

Spongiaires :

Axinella polypoides (Eponge corne de cerf)

Spongia officinalis (Eponge fine grecque)

Coelentérés :

Corallium rubrum (Corail rouge)

Eunicella cavolinii (Gorgone orange)

Eunicella singularis (Gorgone blanche)

Paramuricea clavata (Gorgone rouge)

Microcosmus sabatieri (Violet)

Echinodermes :

Centrostephanus longispinus (Oursin diadème)

Paracentrotus lividus (Oursin comestible)

Mollusques :

Pinna nobilis (Grande nacre)

Luria lurida (Grande porcelaine)

Crustacés :

	<p><i>Palinurus elephas</i> (Langouste)</p> <p><i>Scyllarides latus</i> (Grande cigale)</p> <p><u>Poissons :</u></p> <p><i>Epinephelus marginatus</i> (Mérrou brun)</p> <p><i>Muraena helena</i> (Murène)</p> <p><i>Sciaena umbra</i> (Corb)</p>
<p>Etudes scientifiques à réaliser avant protection</p>	<p>Inventaires des espèces remarquables :</p> <p>Mérrou brun, <i>Epinephelus marginatus</i></p> <p>Gorgone rouge, <i>Paramuricea clavata</i></p> <p>Grande nacre, <i>Pinna nobilis</i></p> <p>Corail rouge, <i>Corallium rubrum</i></p>
<p>Modes de gestion</p>	<p>Evaluation socio-économique de la fréquentation du site</p> <p>I-AMP dont le statut dépend du Ministère de l'Environnement :</p> <p>Réserve naturelle</p> <p>Objectif : conservation et protection de l'environnement</p> <p>Article 8bis de la loi n° 57-740 du 1^{er} juillet 1957 ; renforcée par la loi n°95-101 du 2 février 1995 dite « loi</p>

Barnier ».

L'initiative de la mise en place d'une réserve naturelle peut venir de l'administration mais aussi d'une association de protection de la nature. Les réserves sont créées par un décret en conseil d'état, après consultation de toutes les collectivités locales intéressées. La procédure de création comporte plusieurs étapes, elle s'avère longue et complexe.

Le financement des réserves naturelles dépend essentiellement des ministères de tutelle, néanmoins la participation des collectivités locales est de plus en plus sollicitée.

Cerbères-Banyuls, zone centrale de 65ha où toutes les autres activités sont interdites (Pyrénées Orientales) ; Scandola (Corse).

2-AMP dont le statut dépend de l'administration de la mer :

Concession de culture marine

Les établissements de pêche ou concessions de cultures marines relèvent de la loi du 9 janvier 1852 modifiés par le Décret n°83-228 du 22 mars 1983 fixant le régime de l'autorisation des exploitations de culture marines sur le domaine public maritime et par le Décret n°87-756 du 14 septembre 1987. Ils sont créés dans un but expérimental de protection, de conservation et de régénération des fonds. Ils sont délivrés à titre précaire et révoquables, pour une durée maximale de 10 ans renouvelables.

C'est en vertu de l'article 19 du Décret du 22/03/83 qu'ont été créés les aires marines protégées gérées actuellement par le Parc Marin de la Côte Bleue (Bouches-du-Rhône).

La réglementation des usages, tels que le mouillage, le dragage, la pêche et la plongée sous-marine est définie

par des arrêtés préfectoraux, l'interdiction de la pêche professionnelle nécessite quand à elle la parution d'un arrêté ministériel. Leur financement est assuré par l'état, les collectivités territoriales, les collectivités locales et parfois la CEE.

Parc Marin de la Côte Bleue (Bouches-du-Rhône) ; Vallauris-Golfe Juan, 50 ha (Alpes-Maritimes) ; Beaulieu-sur-mer, 25 ha (Alpes-Maritimes) ; Roquebrune-Cap Martin, 50 ha (Alpes-Maritimes) ;

NB : Les Concessions de Cultures Marines tendent à être progressivement remplacées par les Concessions d'Endigage définies par le Décret 79-78 du 29 juin 1979 *relatif aux concessions d'endigage et d'utilisation du Domaine Public Maritime, maintenues dans ce domaine et en dehors des ports*. Ces concessions d'endigage nécessitent toutefois de justifier d'un aménagement du DPM (par exemple de type récifs artificiels).

Cantonement de pêche

Définis par l'arrêté ministériel du 4 juin 1963 concernant la réglementation de la création de réserves ou de cantonnements pour la pêche maritime côtière, qui délègue à l'administration des Affaires Maritimes, l'opportunité de décider de la création ou de la suppression d'un tel espace protégé. Les zones classées en cantonnements de pêche le sont à la demande des Prud'homies de pêcheurs.

Ils ont pour objectifs, l'accroissement de la ressource interne et externe à la zone. Dans ce cadre, l'article 1 de l'arrêté du 4 juin 1963 prévoit l'interdiction de tous types de pêche. En revanche, cet arrêté n'envisage pas d'aménagements particuliers sur le domaine public maritime comme les récifs artificiels. Aucun financement n'est prévu pour le fonctionnement des cantonnements, les règlements régissant les activités sont à la charge des Prud'homies, il n'y existe aucun suivi scientifique ni comité consultatif. La majorité des cantonnements se trouvent en Corse (St-Florent, Calvi, etc.)

3-Autres types de protection :

	<p>Arrêté de Biotope</p> <p>La création des arrêtés préfectoraux de protection de biotopes résulte de l'article 4 du Décret n°77-1295 du 25 novembre 1977. Leur but est de protéger des biotopes d'espèces protégées menacées. Il s'agit de mini-réserves naturelles dans lesquelles toute action pouvant porter atteinte à l'équilibre biologique peut être interdite. Ces arrêtés pris par le Préfet de département pour le domaine terrestre et par le Préfet maritime (pour le compte de l'administration de la mer) en ce qui concerne le domaine public maritime. Ils ont un caractère d'urgence mais une durée limitée dans le temps. Leur création est précédée d'un avis de la commission départementale des sites siégeant en formation de protection de la nature et de la chambre départementale de l'agriculture.</p>
<p>Organisation</p>	<p>Quatre missions inhérentes au fonctionnement d'une AMP sont à prévoir : (i) une mission de gestion, (ii) une mission de surveillance, (iii) une mission de suivi scientifique du milieu et (iv) une mission d'information du public</p> <p>Conseil d'administration, chargé de définir les grandes orientations dans le fonctionnement de l'AMP</p> <p>Personnel administratif chargé de la gestion financière de l'AMP</p> <p>Equipe de gardes assermentés</p> <p>Comité scientifique chargé de superviser les travaux réalisés dans l'AMP</p> <p>Personnel chargé de l'accueil, de l'information et de la sensibilisation du public</p>
<p>Contraintes</p>	<p>La station d'épuration AMPHITRIA est située en pied de falaise dans la crique de Sicié, et affiche un débit moyen horaire de 4 300 m³. La présence dans le voisinage immédiat d'un débouché de rejet urbain peut nuire gravement à l'image et donc à la mise en place d'une zone protégée. Le fort hydrodynamisme présent dans la zone préserve les peuplements en place d'un impact trop important, toutefois, la qualité médiocre de l'eau de</p>

surface peut gêner les tentatives de valorisation du site sur le plan touristique.

Les pêcheurs professionnels aux petits métiers pratiquent l'ensemble de la zone de la pointe de l'Eperon au cap Sicié. Les filets et les palangres sont majoritairement posés sur les remontées rocheuses de Sicié et autour des îlots des Deux Frères (obs. pers.). Cette catégorie d'usagers sera immanquablement réfractaire à toute idée de restriction de leur activité dans la zone.

La présence à proximité d'une grande métropole n'est pas en soi un handicap, ce qui importe c'est le choix de la réglementation en place et son respect.

