

ETUDE ET CARTOGRAPHIE DES BIOCÉNOSES MARINES DE LA RADE DE TOULON - ÉVOLUTIONS 2009/2001



Septembre 2009



**Etude et cartographie des biocénoses marines de la rade de Toulon
Evolutions 2009/2001**

Maître d'ouvrage :

M. Hubert Falco, Président de Toulon Provence Méditerranée

Coordination TPM :

Guirec QUEFFEULOU, chargé de mission contrat de baie rade de Toulon

Magali ROUX, Chargée de mission contrat de baie

Maître d'œuvre :

ANDROMEDE OCEANOLOGIE

21, chemin des Oliviers

34400 SATURARGUES

Tél. : 04. 67. 66. 32. 48. **Fax. :** 04. 67. 41. 93. 34.

E-mail : contact@andromede-ocean.com

Coordination Andromède Océanologie :

DESCAMP Pierre, Co-gérant Andromède Océanologie

Participants aux missions de terrain :

BALLESTA Laurent, DESCAMP Pierre, GUILBERT Antonin, GUILLOT Marie, HOLON Florian, RAUBY Thibault.

Traitement des données, cartographie et rédaction :

HOLON Florian, DESCAMP Pierre, GUILBERT Antonin.

Mise en page des cartographies, structuration du SIG :

FAURE Karine / CERCIS

Crédit photographique :

BALLESTA Laurent, HOLON Florian, DESCAMP Pierre.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

ANDROMEDE OCEANOLOGIE, 2009. Etude et cartographie des biocénoses marines de la rade de Toulon Evolutions 2009/2001. Contrat ANDROMEDE OCEANOLOGIE / Communauté d'agglomération *Toulon Provence Méditerranée*. 173pp.

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	1
<hr/>	
I.1. Contexte et objectifs	1
I.2. Présentation de la Zone d'étude.....	2
<i>I.2.1. Situation générale.....</i>	<i>2</i>
<i>I.2.2. Sites marins inventoriés pour leur richesse naturelle</i>	<i>4</i>
I.3. Biocénoses étudiées	9
<i>I.3.1. L'étagement du littoral.....</i>	<i>9</i>
<i>I.3.2. L'étage médiolittoral.....</i>	<i>10</i>
<i>I.3.3. L'étage infra et circalittoral.....</i>	<i>12</i>
<hr/>	
II. MATERIEL ET METHODE.....	25
<hr/>	
II.1. Moyens à la mer	25
<i>II.1.1. Planification des interventions terrains</i>	<i>25</i>
<i>II.1.2. Navires employés</i>	<i>26</i>
II.2. Cartographie des biocénoses marines.....	29
<i>II.2.1. Les algues du médiolittoral</i>	<i>29</i>
<i>II.2.2. Biocénoses marines de l'infra et du circalittoral</i>	<i>31</i>
<i>II.2.3. Outils d'extrapolation</i>	<i>32</i>
<i>II.2.4. Outils de Vérité terrain</i>	<i>40</i>
II.3. Analyse écologique	43
<i>II.3.1. Herbiers de posidonie.....</i>	<i>43</i>
<i>II.3.2. Coralligène.....</i>	<i>47</i>
<i>II.3.3. Diagnostic de la richesse écologique par zone homogène.....</i>	<i>49</i>
<i>II.3.4. Illustration de la richesse écologique.....</i>	<i>52</i>
<hr/>	
III. RESULTATS CARTOGRAPHIQUES ET ANALYSE PAR ZONE HOMOGENE	53
<hr/>	
III.1. Précision cartographique et évolutions depuis 2001	53
III.2. Secteur n°1 : la petite rade et la baie du Lazaret.....	55
<i>III.2.1. Contexte général</i>	<i>55</i>
<i>III.2.2. Contexte physique</i>	<i>56</i>
<i>III.2.3. Contexte biocénotique.....</i>	<i>58</i>
<i>III.2.4. Contexte qualité du milieu</i>	<i>64</i>
<i>III.2.5. Evolution des biocénoses.....</i>	<i>64</i>

III.3. Secteur n°2 : rade des Vignettes, de la Mitre au cap Brun, B.A.N. et pointe des Petits Frères	65
III.3.1. Contexte général	65
III.3.2. Contexte physique	66
III.3.3. Contexte biocénotique.....	68
III.3.4. Contexte qualité du milieu	75
III.3.5. Evolution des biocénoses.....	81
III.4. Secteur n°3 : baie de la Garonne au cap de Carqueiranne	84
III.4.1. Contexte général	84
III.4.2. Contexte physique	84
III.4.3. Contexte biocénotique.....	87
III.4.4. Contexte qualité du milieu	98
III.4.5. Evolution des biocénoses.....	104
III.5. Secteur n°4 : de la pointe Maregau au cap Cepet	106
III.5.1. Contexte général	106
III.5.2. Contexte physique	106
III.5.3. Contexte biocénotique.....	108
III.5.4. Contexte qualité du milieu	113
III.5.5. Evolution des biocénoses.....	116
III.6. Secteur n°5 : l'anse des Sablottes	119
III.6.1. Contexte général	119
III.6.2. Contexte physique	119
III.6.3. Contexte biocénotique.....	121
III.6.4. Contexte qualité du milieu	127
III.6.5. Evolution des biocénoses.....	129
III.7. Secteur n°6 : de la pointe de l'éperon au cap Sicié – Deux Frères.....	131
III.7.1. Contexte général	131
III.7.2. Contexte physique	132
III.7.3. Contexte biocénotique.....	134
III.7.4. Contexte qualité du milieu	154
III.7.5. Evolution des biocénoses.....	167

IV. CONCLUSION 170

IV.1. Cartographie des biocénoses	170
IV.2. Etat des biocénoses.....	172
IV.3. Evolution des biocénoses	172

I. INTRODUCTION

I.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

La présente étude s'intègre dans le cadre de la démarche Contrat de Baie de la Rade de Toulon et répond au besoin, jugé prioritaire par le Comité de baie (Comité d'agrément mars 2007), de la réactualisation de la cartographie des biocénoses marines réalisée en 2001 par l'IFREMER et le GIS Posidonie.

Cette étude permet de répondre aux fiches n°180 « Suivi des peuplements du médiolittoral » et n°181 « Suivi de l'herbier de *Posidonia oceanica* ».

Intitulée « Etude et cartographie des biocénoses marines de la rade de Toulon - Evolutions 2009/2001 », la présente étude conduite par Andromède Océanologie apporte les éléments de connaissances du milieu marin suivants :

-  **Cartographie** de l'état actuel des biocénoses marines à l'échelle 1/5000^{ème} entre 0 et 50m ;
-  **Analyse dynamique des biocénoses** par secteurs écologiquement homogènes ;
-  **Propositions d'actions** adaptées au contexte local pour la bonne gestion durable de l'environnement marin (exploitation raisonnée, conservation, restauration) ;
-  **Propositions d'indicateurs de suivi** du milieu marin.
-  **Banque d'images** illustrant le patrimoine sous marin local

Les données cartographiques issues de l'étude sont structurées dans un **SIG** lisible sous ArcView et Mapinfo et versées aux bases de données préexistantes (CRIGE, Agence de l'Eau, IFREMER, Etc.).

I. 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I. 2. 1. SITUATION GENERALE

La zone marine concernée correspond à la zone homogène n°22 définie par le SDAGE Rhône Méditerranée & Corse de 1996 qui s'étend depuis la pointe de l'Eperon (commune de Six-Fours les Plages) jusqu'à la pointe de Carqueiranne (commune du Pradet) et ce, sur la tranche bathymétrique allant de la surface à l'isobathe des 50 mètres.

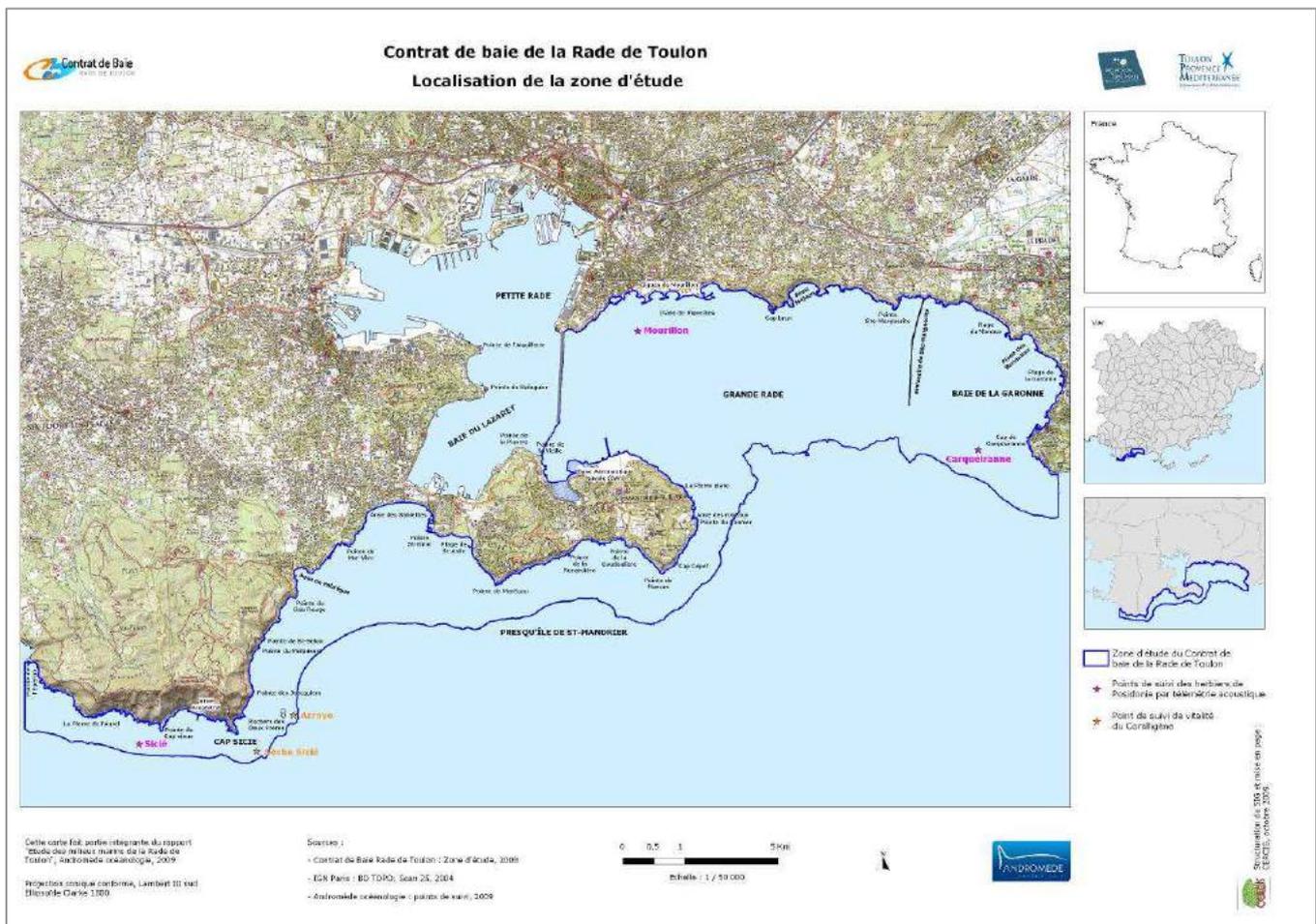


Figure 1 : délimitation de la zone d'étude

Afin de rendre plus fine et plus discriminante l'évaluation des compartiments biocénotiques dans cette zone couverte par le Contrat de baie, un découpage de l'espace en sous-unités géomorphologiques homogènes avait été opéré en 2001. Le même découpage est repris sur la zone d'étude afin de faciliter l'analyse comparative entre 2001 et 2009.

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 :

- 1) La petite rade et la baie du lazaret
- 2) La rade des Vignettes, de la Mitre au Cap Brun, B.A.N. et pointe des petits Frères
- 3) Baie de la Garonne au Cap de Carqueiranne
- 4) De la pointe Marégau au Cap Cépet
- 5) Anse des Sablettes
- 6) De la pointe de l'Eperon au Cap Sicié – Deux Frères

La réactualisation de la cartographie des biocénoses de la rade de Toulon ne concerne pas, pour cette campagne, le secteur de la petite rade de Toulon, depuis la pointe de l'Eguillette jusqu'à la pointe de la Tour Royale. Cependant il y sera réalisé des plongées de contrôle dans l'anse de Balaguier et la baie du Lazaret afin de diagnostiquer ponctuellement l'état des biocénoses.

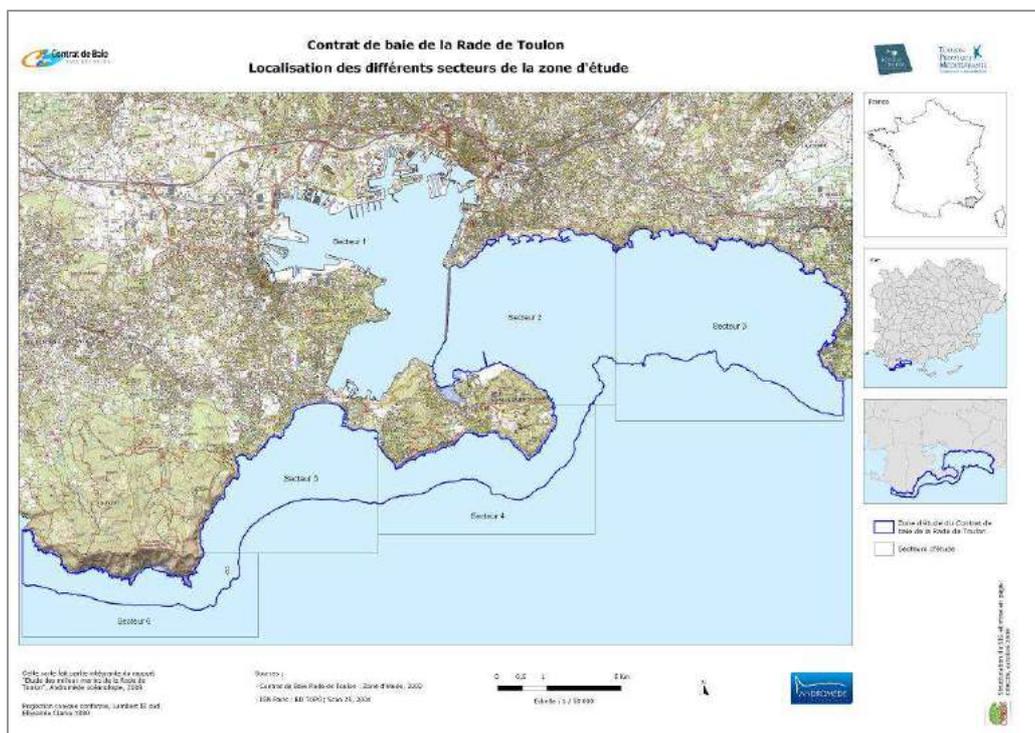


Figure 2 : découpage de la zone d'étude en six sous-unités géomorphologiques homogènes

I . 2 . 2 . S I T E S M A R I N S I N V E N T O R I E S P O U R L E U R R I C H E S S E N A T U R E L L E

- ZNIEFF MER

La partie marine de la zone d'étude comporte 4 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF MER 1 et 2).

L'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) est un programme initié par le ministère en charge de l'environnement et lancé en 1982 par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN). Il correspond au recensement d'espaces naturels remarquables dans les vingt-deux régions métropolitaines ainsi que les DOM. On distingue deux catégories de zones :

- Les **ZNIEFF de type I**, de superficie réduite, sont des espaces homogènes d'un point de vue écologique et qui abritent au moins une espèce et/ou un habitat rares ou menacés, d'intérêt aussi bien local que régional, national ou communautaire ;
- Les **ZNIEFF de type II** sont de grands ensembles naturels riches, ou peu modifiés, qui offrent des potentialités biologiques importantes. Elles peuvent inclure des zones de type I et possèdent un rôle fonctionnel ainsi qu'une cohérence écologique et paysagère.

Une modernisation nationale (mise à jour et harmonisation de la méthode de réalisation de cet inventaire) a été lancée en 1996 afin d'améliorer l'état des connaissances, d'homogénéiser les critères d'identification des ZNIEFF et de faciliter la diffusion de leur contenu.

L'inventaire ZNIEFF est réalisé à l'échelle régionale par des spécialistes dont le travail est validé par le conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN) nommé par le préfet de région. Les données sont transmises au Muséum national d'histoire naturelle pour validation et intégration au fichier national. Dans chaque région, le fichier régional est disponible à la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL)

Cet inventaire est devenu aujourd'hui un des éléments majeurs de la politique de protection de la nature. Il doit être consulté dans le cadre de projets d'aménagement du territoire (document d'urbanisme, création d'espaces protégés, élaboration de schémas départementaux de carrière...). Si l'inventaire ZNIEFF n'est pas juridiquement un statut de protection. Les ZNIEFF constituent cependant un élément d'expertise pour évaluer les incidences des projets d'aménagement sur les milieux naturels, pris en considération par la jurisprudence des tribunaux administratifs et du Conseil d'État.

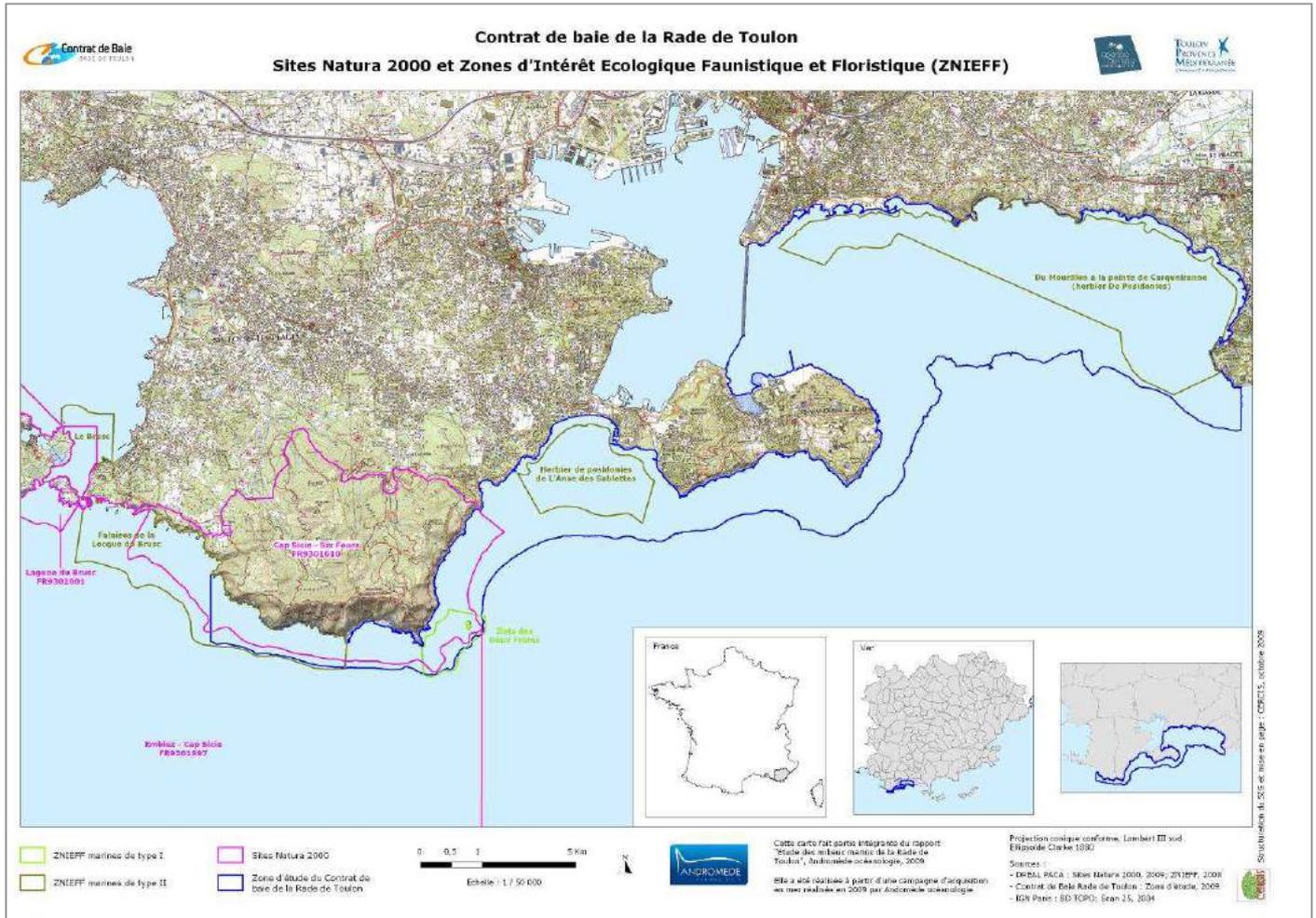


Figure 3 : liste et localisation des ZNIEFF Marines 1 et 2 présentes sur la zone d'étude

ZNIEFF marines de type I : 1			
CODE ZNIEFF	NOM	SUPERFICIE (ha)	Communes concernées
83000004	ILOTS DES DEUX FRÈRES	66.40	LA SEYNE SUR MER
ZNIEFF marines de type II : 3			
CODE ZNIEFF	NOM	SUPERFICIE (ha)	Communes concernées
83007000	DU MOURILLON À LA POINTE DE CARQUEIRANNE (HERBIER DE POSIDONIES)	880.85	TOULON LA GARDE LE PRADET
83006000	HERBIER DE POSIDONIES DE L'ANSE DES SABLETTES	217.90	LA SEYNE SUR MER SAINT MANDRIER SUR MER
83005000	FALAISES DE LA LECQUE DU BRUSC	404.38	SIX FOURS LES PLAGES

- NATURA 2000

Avec la constitution du réseau Natura 2000, l'Europe s'est lancée dans la réalisation d'un ambitieux réseau de sites écologiques dont les deux objectifs sont : préserver la diversité biologique et valoriser le patrimoine naturel de nos territoires. Le maillage de sites s'étend sur toute l'Europe de façon à rendre cohérente cette initiative de préservation des espèces et des habitats naturels.

Le site Natura 2000 « CAP SICIE - SIX FOURS » n° FR9301610, présent sur la zone d'étude, couvre une superficie de 1 340 hectares et s'étend de la pointe de la Gardiole à la pointe du Bau Rouge. Ce secteur est décrit comme principalement marqué par la présence d'herbiers de Posidonie.



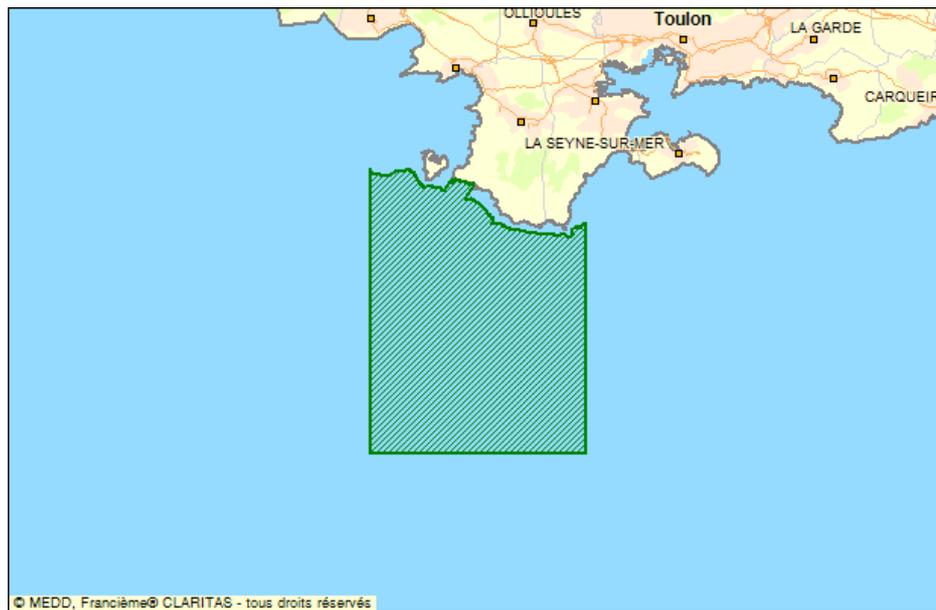
Identification du site :

Appellation :	CAP SICIE - SIX FOURS
Statut :	Site ou proposition de Site d'Importance Communautaire (SIC/pSIC)
Code :	FR9301610
Région :	PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR (68.00 %)
Départements :	Var (68 %), Domaine maritime (32 %)
Superficie :	1340 ha
Altitude maximale :	341 m
Région biogéographique	Méditerranéenne
:	

Extension du réseau Natura 2000 en mer

Un projet d'extension en mer de la zone Natura 2000 « CAP SICIE - SIX FOURS », n° FR9301610, a fait l'objet d'une proposition de Site d'Importance Communautaire transmise à l'Europe le 31 Octobre 2008, il s'agit du site « EMBIEZ - CAP SICIE » n° FR9301997.

Le site Natura 2000 « EMBIEZ - CAP SICIE » n° FR9301997 couvre une superficie de 12408 hectares et s'étend de l'ouest des îles des Embiez au cap Sicié jusqu'à une dizaine de kilomètres de la côte.



Identification du site :

Appellation : EMBIEZ - CAP SICIE

Figure X : localisation du site Natura 2000 FR9301997

Statut : Site ou proposition de Site d'Importance Communautaire (SIC/pSIC)

Code : FR9301997

Départements : Domaine maritime (100 %)

Superficie : 12408 ha

Altitude minimale : -1800 m

Région biogéographique Méditerranéenne
:

Description du site :

Cette zone marine correspond à une portion très bien conservée à l'échelle de la façade comprenant des baies à herbiers de Posidonies, et plus ponctuellement des pelouses à Cymodocées (principalement dans le site adjacent FR9302001) mais surtout des récifs, plateaux, tombants, têtes de canyons, grottes exceptionnelles, notamment par les formations de coralligènes.

Des mammifères marins, dont le Grand Dauphin (espèce la plus côtière), sont observés occasionnellement.

Site 100% marin, s'étendant au large des roches métamorphiques du Cap Sicié, transition entre la Provence calcaire et la Provence cristalline.

Description	% couv.
Composition du site :	
Mer, Bras de Mer	100 %
Habitats naturels présents :	
Récifs	5 %
Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine	1 %
Herbiers à Posidonie (<i>Posidonion oceanicae</i>)	1 %
Grottes marines submergées ou semi-submergées	1 %

I.3. BIOCENOSSES ETUDIEES

I.3.1. L'ETAGEMENT DU LITTORAL

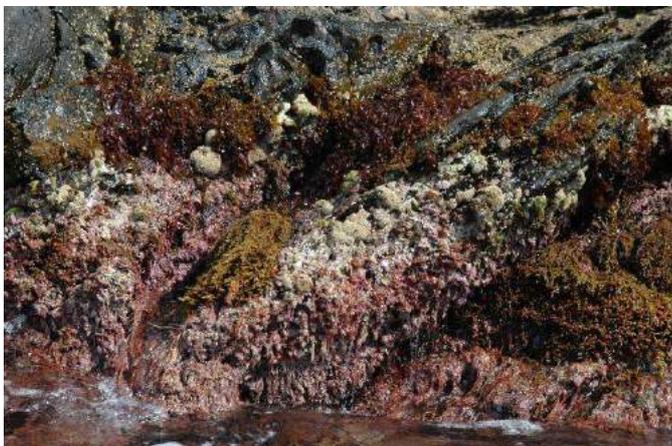
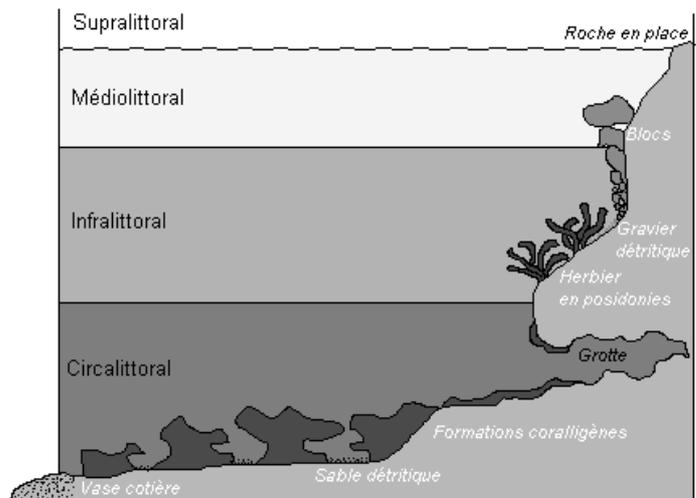
Le système de classement des différents étages du littoral se fait en fonction de facteurs abiotiques tels que la lumière, l'immersion. On distingue 4 étages représentés de 0 à 50m :

- **L'étage supralittoral :** zone découverte exposée aux embruns où se localisent les organismes qui supportent ou exigent une émergence continue. Les immersions véritables y sont exceptionnelles.

- **L'étage médiolittoral :** zone de balancement des vagues et marées.

- **L'étage infralittoral :** correspond à la zone immergée et bien éclairée. Sa limite inférieure est celle qui est compatible avec la vie des algues photophiles et des phanérogame marines.

- **L'étage circalittoral :** correspond à la zone profonde du plateau continental qui s'étend depuis 40 m de profondeur environ (limite inférieure de vie des algues photophiles) jusqu'à la limite de la pénétration de la lumière dans l'eau, laquelle dépend de la plus ou moins grande transparence des eaux, en général une centaine de mètres.



L'étage du médiolittoral est principalement caractérisé par ses peuplements d'algues. La mosaïque des algues observées permet de nous renseigner sur la qualité du milieu, on les appelle pour cela des bio indicateurs ou espèces sentinelles.

I . 3 . 2 . L ' E T A G E M E D I O L I T T O R A L

I . 3 . 2 . 1 . E S P E C E S S E N T I N E L L E S

La zone de battement des vagues est un milieu hostile pour les organismes. Elle est caractérisée par un hydrodynamisme particulièrement violent (houle, vagues), une alternance de périodes d'exondations et d'inondation et par une forte variabilité des paramètres abiotiques suivants :

- température (parfois en dessous de 0 °C l'hiver, jusqu'à plus de 40 °C l'été au soleil), et ensoleillement (irradiations très fortes l'été)
- salinité (élevée par évaporation de l'eau de mer l'été au niveau de la zone médiolittorale souvent exondée, faible voire nulle avec la pluie).
- hygrométrie

Les peuplements qui s'y trouvent (on les nomme peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral) sont composés de ceintures étroites d'algues et d'invertébrés dont la répartition est limitée à ce niveau marin.

L'étude de leur répartition géographique, ainsi que leur suivi dans le temps, peut permettre de caractériser la qualité du milieu littoral (on parle d'indicateurs biologiques et plus particulièrement d'espèces sentinelles). Ces organismes sont en effet particulièrement exposés aux pollutions de surface, comme les rejets d'émissaires urbains, les pollutions par hydrocarbures, les huiles et les détergents tensioactifs.

Parmi ces organismes sentinelles, quelques espèces d'algues, aisément identifiables, ont été sélectionnées dans le cadre de cette étude pour leur cartographie linéaire et leur évaluation d'abondance.

I . 3 . 2 . 2 . L E S P E U P L E M E N T S A L G A U X S E L E C T I O N N E S

Sur la base des cartographies réalisées de manière similaire en Méditerranée, les espèces suivantes ont été inventoriées :

- **Ulvales**, algues vertes (Chlorobiontes).
- Les ulves se développent dans les eaux dessalées et/ou enrichies en matière organique : elles sont donc souvent indicatrices de pollution, directement (matière organique) ou indirectement (dessalure consécutive aux rejets d'émissaires).



- ***Lithophyllum byssoïdes*** (anciennement *L. lichenoïdes*), (Rhodobiontes, Corallinacées)

Les encorbellements à *Lithophyllum*, sont des bioconstructions se développant au niveau des eaux le plus élevé en Méditerranée. C'est une espèce qui est inscrite à l'annexe I de la Convention de Berne (1996) et à l'annexe II de la Convention de Barcelone (1996).

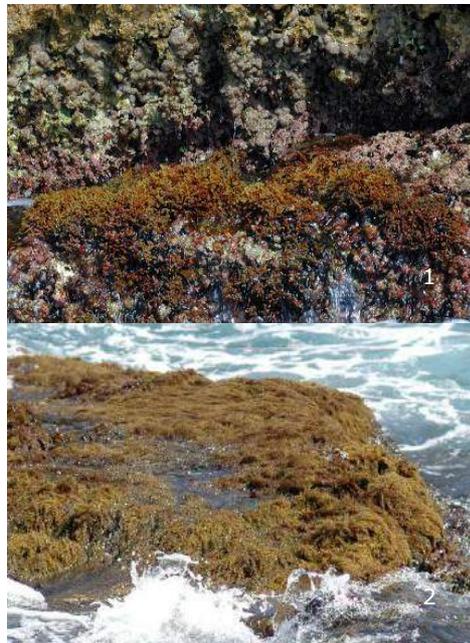


L'édification d'un encorbellement est un phénomène d'une extrême lenteur (plusieurs siècles); sa destruction est donc irréversible à l'échelle humaine. De par leur situation même et leur structure poreuse, ces formations sont particulièrement vulnérables aux pollutions et aux agressions mécaniques (chocs, accostages, piétinement).

Les trois types morphologiques de développement caractéristiques de *Lithophyllum byssoïdes* ont été considérés : (i) type I; thalles isolés les uns des autres (en forme de demi-sphères éparses), (ii) type II ; thalles voisins, localement coalescents (même si cette coalescence n'intéresse qu'une partie du tronçon de 50 m), le relief formé par le placage des thalles ne constituant pas de surplomb, (iii) type III ; la coalescence des thalles et leur mode de croissance déterminent la formation d'un surplomb dont la profondeur est supérieure à 5 cm (encorbellement).

- ***Cystoseira compressa* var. *stricta*** (1) et ***Cystoseira amentacea*** (Chromobiontes, Fucales, Cystoseiracées) (2).

De nombreuses espèces de cystoseires sont observées en Méditerranée occidentale. Les cystoseires se rangent parmi les peuplements à forte valeur patrimoniale de Méditerranée. Leurs caractéristiques biologiques en font 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. Par ailleurs, elles sont longévives et se reproduisent de façon sexuée, par des œufs relativement lourds qui ne sont disséminés que sur quelques mètres. Ainsi, une fois détruites, les chances d'une restauration naturelle sont faibles et leur recolonisation ne peut se faire que de proche en proche, à partir d'une population survivante.



Plusieurs cystoseires de Méditerranée, dont *C. amentacea*, sont inscrites dans l'annexe I de la Convention de Berne (1996) et l'annexe I de la Convention de Barcelone (1996). Leur présence peut donc témoigner de la bonne qualité des milieux littoraux.

I.3.3. L'ETAGE INFRA ET CIRCALITTORAL

Le choix des catégories biocénotiques relève d'un compromis entre précision, moyens disponibles et lisibilité des résultats.

Biocénoses :		
 Enrochement artificiel	Autres herbiers :	Bancs de sable à faible couverture :
Herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> :	 Herbiers à <i>Cymodocea nodosa</i>	 Sables fins bien calibrés
 à faible recouvrement	Biocénoses des fonds meubles du Circalittoral :	 Sables grossiers et fins graviers sous l'influence des courants de fonds
 dense	 Détritique côtier	Biocénoses des substrats durs :
 Matte morte de <i>Posidonia oceanica</i>	 Détritique côtier envasé	 Roche infralittorale à algues photophiles
	 Détritique côtier à rhodolithes	 Petits blocs rocheux à algues photophiles
	 Vases terrigènes côtières	 Coralligène

En ce qui concerne la présente étude, la nomenclature retenue (voir figure ci-dessus) s'appuie sur celle définie dans le *Manuel d'interprétation des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les inventaires nationaux de sites naturels d'intérêt pour la conservation*. Bellan-Santini D., et al. 2002.

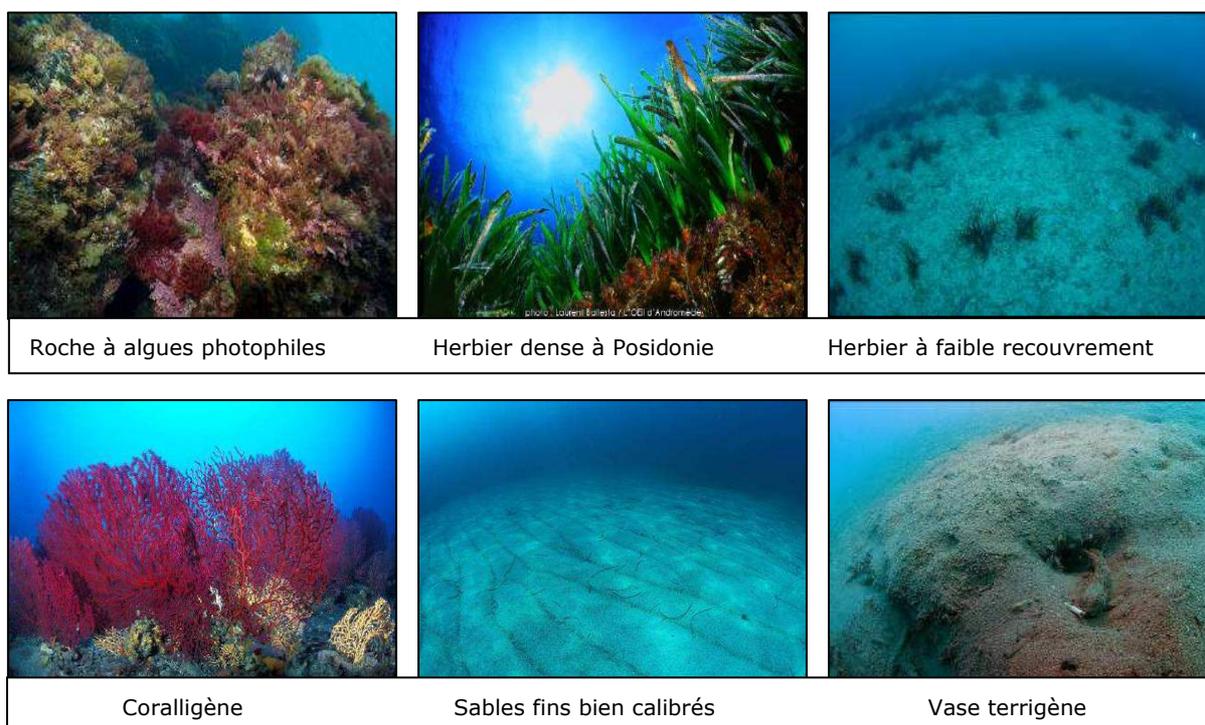


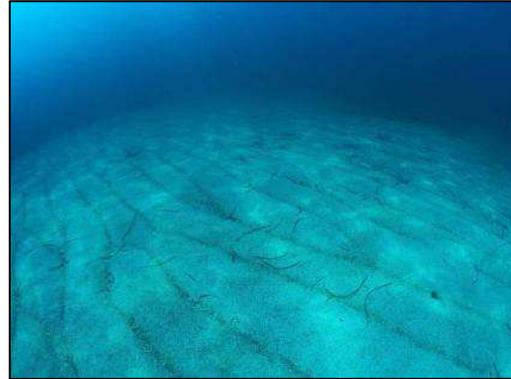
Figure 4 : exemples de biocénoses observées sur la zone d'étude

I.3.3.1. FONDS MEUBLES DE L'INFRALITTORAL

L'étage infralittoral correspond à la zone immergée et bien éclairée. Sa limite inférieure est celle qui est compatible avec la vie des algues photophiles et des phanérogames marines soit environ 30-40m de profondeur sur la zone d'étude.

Quatre biocénoses au sens des cahiers d'habitats sont regroupées au sein de cette catégorie :

1. Biocénose des sables fins bien calibrés
2. Biocénose des sables vaseux superficiels de mode calme
3. Biocénose des sables grossiers et fins graviers brassés par les vagues
4. Biocénose des sables grossiers et fins graviers sous l'influence des courants de fonds



Biocénose des sables fins bien calibrés

La biocénose des Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) est une catégorie de biocénose sur fonds meubles infralittoraux généralement entre 2 et 25 m de profondeur. Dépourvue de végétation, elle abrite une faune diversifiée, notamment de mollusques, de polychètes, de crustacés décapodes, d'échinodermes, et de poissons. Il s'agit d'une étendue de sable fin dont le sédiment est généralement de granulométrie homogène et d'origine terrigène. La biocénose occupe parfois de très grandes superficies le long des côtes ou dans les larges baies. La biocénose des sables fins bien calibrés tolère localement une légère dessalure des eaux au voisinage des estuaires et sur le pourtour de certains étangs méditerranéens, elle présente alors un certain appauvrissement, compensé par la présence de quelques espèces euryhalines. Lorsque le mode est trop battu, la biocénose peut aussi être appauvrie.

Espèces indicatrices :

Les annélides polychètes : *Sigalion mathildae*, *Onuphis eremita*, *Exogone hebes*, *Diopatra neapolitana*,

Les mollusques bivalves : *Acanthocardia tuberculata* (= *Cardium tuberculatum*), *Macra corallina*, *Tellina fabula*, *T. nitida*, *T. pulchella*, *Donax venustus*,

Les mollusques gastéropodes : *Acteon tornatilis*, *Nassarius* (= *Nassa*) *mutabilis*, *Nassarius pygmaea*, *Neverita josephinia*,

Les crustacés décapodes : *Macropipus barbatus*, les amphipodes: *Ampelisca brevicornis*, *Hippomedon massiliensis*, *Pariambus typicus*, l'isopode *Idothea linearis*,

Les échinodermes : *Astropecten* spp., *Echinocardium cordatum*,

Les poissons : *Gobius microps*, *Callionymus belenus*.

Biocénose des sables vaseux superficiels de mode calme

La biocénose des Sables Vaseux superficiels de Mode Calme (SVMC) se rencontre dans les criques protégées, en milieu calme, où peut s'effectuer une sédimentation fine donnant un sédiment sablo-vaseux parfois mêlé d'une faible proportion de graviers. Sa profondeur maximale est le plus souvent voisine de 1m et excède rarement 3 mètres. Ces zones peu profondes présentent des conditions de milieu très variables et peuvent présenter des faciès d'épiflore de Cymodocée (*Cymodocea nodosa*), de Caulerpe rampante (*Caulerpa prolifera*), de Zostère naine (*Zostera noltii*) ou des développements importants d'espèces filtreuses ou fouisseuses.

Les variations du milieu sont liées aux conditions de sédimentation plus ou moins fortes, aux conditions climatiques avec de très grands écarts de température entre l'hiver et l'été et même au cours d'une même journée, aux possibilités de ruissellements d'eau de pluie ou de suintements de la nappe phréatique et à l'action anthropique. En effet, ces biocénoses sont régulièrement soumises à des remaniements sédimentaires, des accumulations de détritiques, de polluants, des eutrophisations.

C'est un milieu toujours très productif, en raison notamment de développements phytoplanctoniques et microphytobenthiques très intenses. La capacité productive est souvent exploitée par l'homme (pêche de palourdes, tellines, coques, etc. ; collecte d'appâts).

Espèces indicatrices :

Les annélides polychètes : *Phyloaricia foetida*, *Paradoneis lyra*, *Heteromastus filicornis*

Les mollusques bivalves : *Loripes lacteus*, *Paphia* (= *Tapes*) *aurea*, *Tapes decussatus*

Les mollusques gastéropodes : *Cerithium vulgatum*, *C. rupestre*

Les crustacés décapodes : *Upogebia pusilla*, *Clibanarius misanthropus*, *Carcinus mediterraneus*

Le sipunculide : *Golfingia vulgare*.

Biocénose des sables grossiers et fins graviers brassés par les vagues

Les biocénoses des Sables Grossiers et fins graviers Brassés par les Vagues (SGBV) se trouvent dans les criques qui entaillent les côtes rocheuses plus ou moins battues et excèdent rarement 1m de profondeur. Cet habitat rare est très mal connu et pourtant intéressant par les espèces qui le caractérisent et par les conditions très particulières qui y règnent.

Cet habitat ne supportant pas le moindre degré d'envasement, la qualité des eaux et notamment sa charge en particules fines, est donc d'une grande importance. La présence estivale de baigneurs peut contribuer à la détérioration de cet habitat.

Espèces indicatrices :

Le peuplement est dominé par l'archiannélide *Saccocirrus papillocercus* et le némerterte *Lineus lacteus*, dont les populations fluctuent fortement en liaison avec les variations des facteurs ambiants, en particulier l'hydrodynamisme local.

Biocénose des sables grossiers et fins graviers sous l'influence des courants de fonds

Cet habitat est constitué de sables grossiers et fins graviers, d'origine partiellement organogène, pratiquement dépourvus de phase fine et soumis à des courants linéaires puissants, qui se manifestent dans des zones particulières, chenaux, détroits. Il se retrouve entre 3-4 m et 20-25 m de profondeur, mais peut, localement, descendre jusqu'à 70m de profondeur. Il se situe donc sur les deux étages infra- et circalittoral.

La biocénose des Sables Grossiers et fins graviers sous l'influence des Courants de Fonds (SGCF) est fréquente dans les passes entre les îles soumises à de fréquents et violents courants, qui constituent le principal facteur conditionnant son existence. On le retrouve aussi dans les chenaux dits "d'intermattes" creusés par les courants dans les herbiers à Posidonie. Cet habitat strictement soumis aux courants de fond peut évoluer si la circulation hydrologique est modifiée artificiellement ou naturellement, comme lors de longues périodes de calme. Son extension en profondeur, dans l'étage circalittoral, est liée à des phénomènes hydrodynamiques particulièrement intenses. Il peut, dans ces conditions, présenter des modifications tant qualitatives que quantitatives de son peuplement habituel. Les fluctuations saisonnières sont marquées par des différences d'abondance et des remplacements d'espèces.

Espèces indicatrices :

Les annélides polychètes : *Sigalion squamatum*, *Armandia polyophthalma*, *Euthalanessa oculata*

Les mollusques bivalves : *Venus casina*, *Glycimeris glycimeris*, *Laevicardium crassum*, *Donax variegatus*, *Dosinia exoleta*,

Les échinodermes : *Ophiopsila annulosa*, *Spatangus purpureus*

Les crustacés : *Cirolana gallica*, *Anapagurus breviaculeatus*, *Thia polita*,

Le céphalochordé : *Amphioxus lanceolatum*

I.3.3.2. ROCHE A ALGUES PHOTOPHILES

La biocénose « roche à algues photophiles » est d'une grande richesse spécifique et regroupe plusieurs communautés algales dont le faciès à *Padina pavonica* (lumière forte, mode calme), le faciès à *Udotea petiolata* et *Halimeda tuna* (lumière atténuée, eau pure), ou encore le faciès à *Ulva rigida* (lumière forte, eau impure). Cette biocénose est retrouvée depuis la surface jusqu'à 35-40 m de profondeur.



Ces peuplements sont riches en organismes plus ou moins strictement caractéristiques. Ils renferment plusieurs centaines d'espèces avec comme groupes principaux : les algues, les polychètes, les mollusques, les crustacés et les échinodermes.

Il convient de signaler tout particulièrement les grands peuplements de cystoseires (*Cystoseira spp.*) qui constituent des biocénoses remarquables et d'une très haute valeur patrimoniale.

Assimilée aux petits fonds rocheux, ces peuplements à algues photophiles sont le lieu d'une vie intense (invertébrés, poissons, crustacés, etc.). Cette biocénose constitue également un lieu de recrutement pour de nombreuses espèces de poissons telles que les Sars (*Diplodus spp.*), le Serran chevrette (*Serranus cabrilla*), le Crénilabre (*Symphodus roissali*).

Les interactions entre les espèces y sont multiples et complexes. La production y est élevée, le réseau trophique complexe et ouvert sur les autres biotopes de substrat dur et de substrat meuble par exportation de matériel organique (proies, déchets, etc).

L'horizon profond de la biocénose des algues photophiles qui se développe à partir de 15 m, comporte déjà de nombreuses espèces du coralligène, dont notamment les faciès à gorgone jaune (*Eunicella cavolinii*) et gorgone blanche (*E. singularis*).

Ces peuplements sont extrêmement fragiles du fait de la complexité de leur structure et de leur fonctionnement, de leur haut niveau de production, de leur place dans le réseau trophique général comme producteurs primaires essentiels, de leur richesse en petite faune vagile participant aux échelons secondaire et tertiaire du réseau trophique littoral général.

Ces peuplements sont sensibles à la plupart des atteintes du milieu : aménagement de la bordure côtière, ruissellement des eaux de lessivage terrestre, piétinement et récolte des espèces, introduction puis développement d'espèces étrangères, rejets de substances toxiques, rejets de matériel solide, pollué ou non, utilisation de moyens de pêche destructifs.

Les atteintes à ces peuplements sont nombreuses et vont de la détérioration très locale par des récoltes à but ludique ou gastronomique jusqu'à la destruction quasi-totale d'espèces et de peuplements à cause de la pollution des eaux lors du rejet d'eaux usées urbaines ou industrielles. Lorsque les peuplements sont atteints, une très forte baisse de la diversité s'observe, avec une "uniformisation" vers un peuplement constitué essentiellement d'espèces très résistantes, à large valence écologique.

Espèces indicatrices

Elles sont très abondantes, on peut citer :

Les algues : *Lithophyllum incrustans*, *Padina pavonica*, *Stypocaulon scoparia*, *Laurencia obtusa*, *Amphiroa rigida*, *Jania rubens*, *Cystoseira amentacea stricta*, *Codium bursa*

Les cnidaires: *Actinia equina*, *Anemonia sulcata*, *Eudendrium spp.*, *Sertularella ellisi*, *Aglaophenia octodonta*

Les mollusques : *Acanthochitona fascicularis*, *Patella aspera*, *Vermetus triqueter*, la moule *Mytilus galloprovincialis*

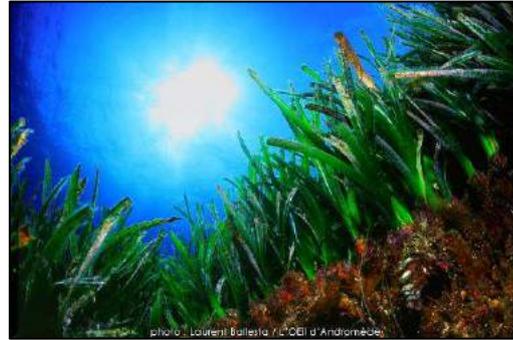
Les polychètes: *Amphiglena mediterranea*, *Branchiomma (Dasychone) lucullana*, *Hermodice carunculata*, *Lepidonotus clava*, *Lysidice ninetta*, *Perinereis cultrifera*, *Platynereis dumerilii*, *Polyophthalmus pictus*, *Syllis spp*

Les crustacés : *Balanus perforatus*, *Amphithoe ramondi*, *Dexamine spiniventris*, *Hyale spp.*, *Acanthonyx lunulatus*

Les échinodermes : *Amphipholis squamata*, *Paracentrotus lividus*

I.3.3.3. HERBIER A POSIDONIA OCEANICA SUR ROCHE ET SUR MATTE

La Posidonie, *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, est une magnoliophyte 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. L'extension de *Posidonia oceanica* en profondeur caractérise l'étage infralittoral.

Les feuilles de Posidonie mesurent généralement de 40 à 80 cm de long et 1 cm de large et sont regroupées en faisceaux de 4 à 8 feuilles environ. 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 croissance de l'herbier est très lente, en moyenne de l'ordre de 3 à 6 cm par an pour les rhizomes plagiotropes.

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, et peuvent atteindre une épaisseur de 8 m, 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 ondoiyants".

Importance de l'herbier de Posidonie

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.

La Posidonie joue un rôle primordial dans la production de matière végétale dans l'écosystème. Cette biomasse végétale peut être consommée in situ par des organismes en place mais peut également être exportée vers d'autres écosystèmes. En tant qu'espèce photosynthétique, elle permet aussi la production d'oxygène indispensable à la vie des organismes et joue un rôle important dans le piégeage du CO₂.

L'herbier de Posidonie est aussi une frayère (nursérie) pour un grand nombre de poissons et de crustacés. Elle est de plus une zone de pêche de haute valeur économique. Son influence sur les écosystèmes voisins en terme de production de nourriture et de larves pour les espèces d'intérêt économique est aussi importante.

Elle est également une zone de biodiversité importante, en abritant de nombreux peuplements de poissons mais également des espèces protégées telles que la Grande Nacre (*Pinna nobilis*) qui bénéficie d'une protection intégrale par l'arrêté ministériel du 26 novembre 1992.

L'herbier joue un rôle fondamental dans la lutte contre l'érosion et 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 matte. 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. Des budgets conséquents sont ainsi annuellement consacrés par les communes à un apport régulier de sable pour compenser le lessivage de leurs plages.

Enfin, les herbiers jouent également un rôle déterminant en terme de qualité des eaux littorales grâce à sa production d'oxygène et au piégeage des sédiments.

Espèces indicatrices

L'habitat présente trois catégories de faune et de flore :

Les espèces sessiles sur les feuilles de posidonie : algues calcaires encroûtantes (*Hydrolithon sp.*, *Pneophyllum sp.*), Hydraires (*Monotheca posidoniae*, *Sertularia perpusilla*), Bryozoaires (*Electra posidoniae*). Certaines de ces espèces ne se rencontrent que sur les feuilles de posidonie.

Les espèces vivant dans la matte constituée par les rhizomes de posidonie : algues encroûtantes (*Peyssonnelia spp*, *Corallinaceae*, *Rhodomenia spp*), mollusque tel que la grande nacre (*Pinna nobilis*), les ascidies (*Halocynthia papillosa*), le violet *Microcosmus sulcatus*.

Les espèces vagiles : mollusques (*Tricolia speciosa*, *Alvania lineata*), isopode (*Idotea baltica*), échinodermes (l'oursin violet *Paracentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis*), poissons (la Saupe *Sarpa salpa* et l'hippocampe *Hippocampus hippocampus*).

Mesures de protection existantes

L'importance écologique des herbiers de posidonie 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. 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 :

- Arrêté de protection de la Posidonie (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.
- 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).
- 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".

- La Posidonie apparaît dans les Annexes de la Convention de Barcelone (adoptées en décembre 1995) 1996 au début du rapport donc date à vérifier et de la Convention de Berne (adoptées en février 1996);
- 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).

I.3.3.4. MATTE MORTE DE POSIDONIA OCEANICA

La biocénose des mattes mortes de Posidonies apparaît après la mort des posidonies. La disparition des feuilles provoque une modification des facteurs écologiques au niveau du système de rhizomes (formant la matte) qui reste en place.

Les espèces sciaphiles qui vivaient à l'abri des feuilles de posidonies sont remplacées par un peuplement photophile dominé par les algues.



Espèces indicatrices :

On y trouve ainsi des algues rouges (*Laurencia*, *Liagora*), des algues vertes comme l'Acetabulaire (*Acetabularia acetabulum*), des algues brunes comme la padine ou l'espèce *Stypocaulon scoparium* ou encore de nombreuses espèces épiphytes (*Jania rubens*, *Ceramium sp...*)

Les espèces endogées de la matte restent en place après la disparition des feuilles. On y trouve des mollusques tels que la lime brillante (*Lima hians*), des crustacés et de nombreux polychètes.



I.3.3.5. HERBIER A CYMODOCEA NODOSA

La Cymodocée, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, essentiellement méditerranéenne, est par sa fréquence et l'étendue de ses peuplements, la deuxième espèce de phanérogame marine de Méditerranée (Molinier & Picard, 1952). La Cymodocée, plante à fleurs, est une espèce résistante et assez tolérante du point de vue écologique. Elle peuple les vases sableuses de l'étage infralittoral formant de vastes prairies ou herbiers.



Son appareil végétatif comprend une tige rampante ou rhizome, assez mince, portant des racines et des feuilles étroites formant des touffes. La Cymodocée est une espèce vivace (elle peut vivre plusieurs années) et perd ses feuilles en hiver, ne persistant que par son rhizome.

Après leur mort, les rhizomes sont décomposés beaucoup plus rapidement que ceux de la Posidonie (*Posidonia oceanica*), de telle sorte qu'il n'y a pas édification d'une véritable matre. Des plaques de lacs de rhizomes en cours d'érosion sont toutefois visibles, surélevés par rapport au substrat.

A cette prairie de Cymodocées est associée une faune particulière très riche comme par exemple les hippocampes (protégés par la Convention de Berne) et les rougets juvéniles.

Cymodocea nodosa est souvent associée à une autre phanérogame, la zostère naine (*Zostera noltii*), et à la caulerpe rampante (*Caulerpa prolifera*).

Mesures de protection existantes

Cymodocea nodosa est protégée en France par l'arrêté du 19 juillet 1988 (Journal Officiel du 9 août 1988). Enfin, la Cymodocée, tout comme *Posidonia oceanica* fait partie de l'annexe I (espèces de flore strictement protégées) de la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne, décret n° 99-615 du 7 juillet 1999).

I.3.3.6. FONDS MEUBLES DU CIRCALITTORAL

L'étage circalittoral correspond à la zone profonde du plateau continental qui s'étend depuis 40 m de profondeur environ (limite inférieure de vie des algues photophiles) jusqu'à la limite de la pénétration de la lumière dans l'eau, laquelle dépend de la plus ou moins grande transparence des eaux, en général une centaine de mètres.

Détritique côtier

Cette biocénose uniquement circalittorale occupe une grande partie du plateau continental depuis la limite inférieure de l'herbier de Posidonie (environ 30 m) jusqu'à la biocénose des fonds détritiques du large (hors secteur d'étude) à 90-100m de profondeur. Le sédiment est formé d'un gravier organogène, provenant de la destruction des organismes actuels et dont les

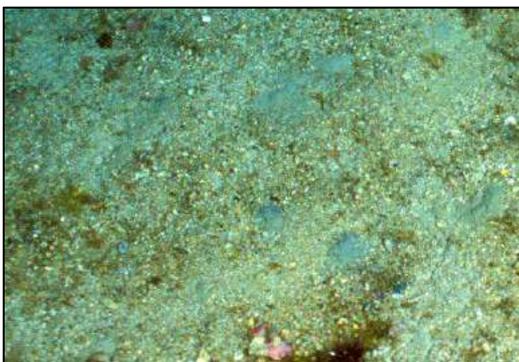


interstices sont comblés par une fraction sablo-vaseuse. Cet envasement est généralement inférieur à 20 % mais il peut subir des accroissements rapides et importants, déséquilibrant toute la biocénose.

Espèces indicatrices

Phytobenthos : *Cryptonemia tunaeformis*, rhodophytes calcaires branchues (*Phymatholithon calcareum*, *Mesophyllum coralloides*, *Lithothamnion fruticosum*), *Peyssonnelia* spp.

Zoobenthos : *Bubaris vermiculata*, *Suberites domuncula* (Spongiaires) ; *Sarcodyctyon catenatum* (Cnidaire) ; *Astropecten irregularis*, *Anseropoda placenta*, *Genocidaris maculata*, *Luidia ciliaris*, *Ophioconis forbesi*, *Psammechinus microtuberculatus*, *Paracucumaria hyndmani* (Échinodermes) ; *Limea loscombei*, *Propea-mussium incomparabile*, *Chlamys flexuosa*, *Laevicardium oblungum*, *Cardium deshayesi*, *Tellina donacina*, *Eulima polita*, *Turitella triplicata*, (Mollusques) ; *Hermione hystrix*, *Petta pusilla* (Polychètes) ; *Conilera cy-lindracea*, *Paguristes oculatus*, *Anapagurus laevis*, *Ebalia tuberosa*, *Ebalia edwardsi* (Crustacés) ; *Molgula oculata*, *Microcosmus vulgaris*, *Polycarpia pomaria*, *Polycarpia gracilis* (Ascidies).



Lorsque l'envasement du détritique est estimé à plus de 20% il a été classé dans la biocénose du détritique envasé



La présence de rhodolithes dans les biocénoses du détritique côtier, permet de définir un faciès particulier : La biocénose du détritique côtier, association à rhodolithes. Les rhodolithes sont des algues calcaires libres, qui se fixent sur un petit support minéral ou organique puis grossissent en couches successives pour former des boules (rhodolithes) de forme plus

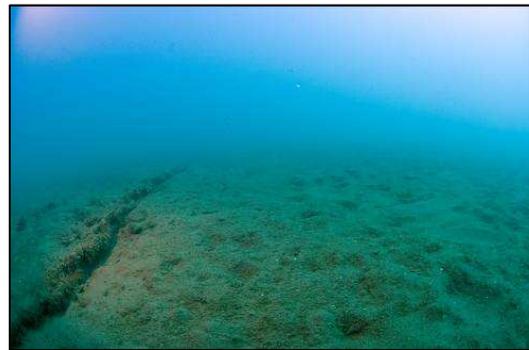
ou moins noduleuses et de taille variable. Cet habitat, équivalent du maërl atlantique, présente un intérêt particulier du fait de sa rareté et a donc fait l'objet d'une catégorie biocénotique.

Biocénose des vases terrigènes côtières

Cet habitat se retrouve sur une vaste étendue du plateau continental et est soumis à un envasement rapide et fin.

Le sédiment est composé d'une vase fine et pure d'origine fluviale, dans laquelle sont rapidement enfouis tous les débris grossiers (coquilles mortes, scories...)

En fonction de la présence de certaines espèces, on distingue différents faciès : faciès des vases molles à *Turritella tricarinata communis*, faciès des vases gluantes à *Virgularia mirabilis* et *Pennatula Phosphorea*, faciès des vases gluantes à *Alcyonium palmatum* et *Stichopus regalis*.



Espèces indicatrices :

Bivalves : *Abranitida*, *Nucula sulcata*, *Thracia convexa*, *Thyasira croulinensis*

Gastéropodes : *Turritella communis*

Crustacés : *Alpheus glaber*, *Eusirus longipes*, *Goneplax rhomboides*, *Harpinia dellavallei*, *Jaxea nocturna*

Polychètes : *Ampharete grubei*, *Aricidea catherinae*, *Lepidasthenia maculata*, *Magelona alleni*, *Magelona rosea*, *Maldane glebifex*, *Nereis longissima*, *Ninoe cf armoricana*, *Ninoe kinbergi*, *Paranaitis lineata*, *Pectinaria belgica*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio pinnata*, *Sternaspis scutata*, *Tharyx heterochaeta*

Holothurides : *Oerstergrenia digitata*, *Trachythyone tergestina*

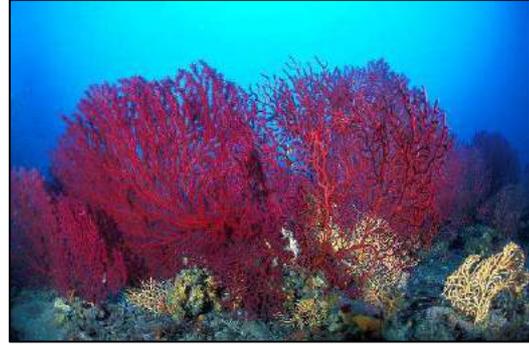
Sipunculien : *Golfingia procera*

Octocoralliaires : *Virgularia mirabilis*

I.3.3.7. ROCHE PROFONDE A CORALLIGENE

Ces peuplements font partie du circalittoral qui débute à la limite inférieure des herbiers de phanérogames jusqu'à 90/100m de profondeur.

Il s'agit en fait d'un concrétionnement d'algues calcaires à croissance lente (quelques mm/an), sciaphiles (qui aiment l'ombre), telles que les Corallinaceae (*Mesophyllum lichenoides*, *Pseudolithophyllum expansum*) et Peyssonneliaceae (*Peyssonnelia rosa-marina*).



Des invertébrés sciaphiles à test ou squelette calcaire, foraminifères, bryozoaires, polychètes Serpulidés, mollusques, contribuent plus ou moins, selon les espèces, à l'édification ou à la consolidation des concrétionnements. En effet, 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 une construction qui, à la longue, se transforme en roche (phénomène de lithification) et qui est colonisée par une foule nombreuse d'invertébrés fixés (éponges, mollusques, etc.).

Comme tout substrat calcaire en mer, le coralligène subit une érosion par 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.

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. Le coralligène de paroi est marqué physionomiquement par l'abondance de grands invertébrés sessiles de forme dressée.

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*).

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, des bryozoaires encroûtants et les algues calcaires édificatrices constituent la dernière strate, constituée d'une mosaïque de plaques.

Les peuplements du coralligène procurent nourriture et habitat à une faune vagile variée (poissons, crustacés, mollusques, etc.) qui se regroupe le long des tombants rocheux. Par exemple on dénombre près de 600 espèces d'invertébrés sur le coralligène. Toutefois, bien que d'une richesse parfois spectaculaire, le peuplement

de poissons du coralligène comprend peu d'éléments caractéristiques : la plupart des espèces rencontrées fréquentent également les fonds rocheux infralittoraux et les grottes sous-marines.

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, qui représentent un patrimoine sous-marin qu'il convient de connaître et de protéger.

Espèces indicatrices

La biodiversité dans cet habitat est très élevée, les espèces les plus typiques sont :

Les algues Corallinacées : *Mesophyllum lichenoides*, *Lithophyllum frondosum*, *Pseudolithophyllum expansum*, *P. cabiochae* ; les algues Peyssonneliacées : *Peyssonnelia rosa-marina*, *P. rubra* ; les algues molles *Cystoseira usneoides*, *C. opuncioides*, *Halimeda tuna*.

Les éponges : l'Axinelle commune (*Axinella polypoides*), *Spongia agaricina* ;

les cnidaires : la Gorgone pourpre (*Paramuricea clavata*), la gorgone jaune (*Eunicella cavolinii*), la gorgone blanche (*E. singularis*), la gorgone orange (*Lophogorgia sarmentosa*), l'Alcyon (*Alcyonium acaule*), le corail noir (*Gerardia savaglia*), *Parerythropodium coralloides* ;

Les bryozoaires : l'Adéonelle (*Adeonella calveti*), *Hornera* spp., *Myriapora truncata*, *Pentopora fascialis*, *Smittina cervicornis*, *Schizomavella mamillata*

Les polychètes : *Amphitrite rubra*, *Bispira volutacornis*, *Eunice aphroditois*, *E. oerstedii*, *E. torquata*, *Haplosyllis spongicola*, *Glycera tessellata*, *Trypanosyllis zebra*, *Palola siciliensis*

les mollusques : la datte de mer (*Lithophaga lithophaga*), la porcelaine *Luria lurida*, *Triphora perversa*, *Muricopsis cristatus*, *Chlamys multistriatus*, *Pteria hirundo* ; les sipunculides : *Phascolosoma granulatum*, *Aspidosiphon* spp.

les échinodermes : *Astrospartus mediterraneus*, la Comatule (*Antedon mediterraneus*), l'oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*), l'Oursin melon (*Echinus melo*) ;

les Crustacés : La langouste (*Palinurus elephas*), Le homard (*Homarus gammarus*), *Lissa chiragra*, *Periclimenes scriptus* ;

L'ascidie : le violet (*Microcosmus sabatieri*)

les poissons : Le Barbier (*Anthia anthias*), *Labrus bimaculatus*, la rascasse rouge (*Scorpoena scrofa*), Les labridés : *Acantholabrus palloni*, *Lappanella fasciata*.

Valeur écologique et biologique

La croissance des algues calcaires consolidées et compactées par les invertébrés constructeurs façonne des anfractuosités qui, remodelées par les foreurs, vont constituer des réseaux cavitaires qui abritent une faune variée et riche ayant souvent des besoins et des relations très diverses. On retrouve dans cette biocénose des espèces à forte valeur patrimoniale et des espèces protégées telles que l'éponge Axinelle commune (*Axinella polypoides*), listée dans l'annexe II de la Convention de Berne (Décret 99-615 du 7 juillet 1999, J.O. du 18 juillet 1999).

En raison de cette richesse et de cette grande diversité, on considère que le Coralligène est un des habitats ayant la plus haute valeur écologique de Méditerranée.

II. MATERIEL ET METHODE

II.1. MOYENS A LA MER

II.1.1. PLANIFICATION DES INTERVENTIONS TERRAINS

La réalisation de la présente étude a nécessité la réalisation de 5 missions sur le terrain :

1. Levée au sondeur interférométrique et sonar latéral du 01-15 décembre 2008 ;
2. Campagne de transects plongeur audio pour acquérir une vision globale de l'état des biocénoses et relevé des données sur les limites entre biocénoses et en particulier les limites inférieures des herbiers de posidonie, écosystème clé de la Méditerranée du 21 février – 28 février 2009 ;
3. Campagne de plongée afin de vérifier certaines zones d'incertitude cartographique et compléter l'analyse écologique, du 15 au 20 avril 2009 ;
4. Campagne de plongée pour l'illustration des biocénoses marines, investigations de reconnaissance du médiolittoral du 21 Avril- 28 Avril 2009 ;
5. Seconde campagne de plongée pour l'analyse écologique et complément d'analyse des algues du médiolittoral 01-02 juin 2009.



Figure 5 : Mobilisation de moyens en mer (catamaran de 40 pieds et semi-rigide 6m) pour l'étude des biocénoses marines (missions du 15 au 28 Avril)

II.1.2. NAVIRES EMPLOYES

Différents navires ont été mobilisés selon les besoins de chaque mission :

- Un catamaran Highland 35 a été retenu lors de la première mission de levée sonar et sondeur pour son habitabilité permettant d'être en acquisition 24H/24 en rotation d'équipe et son faible tirant d'eau.

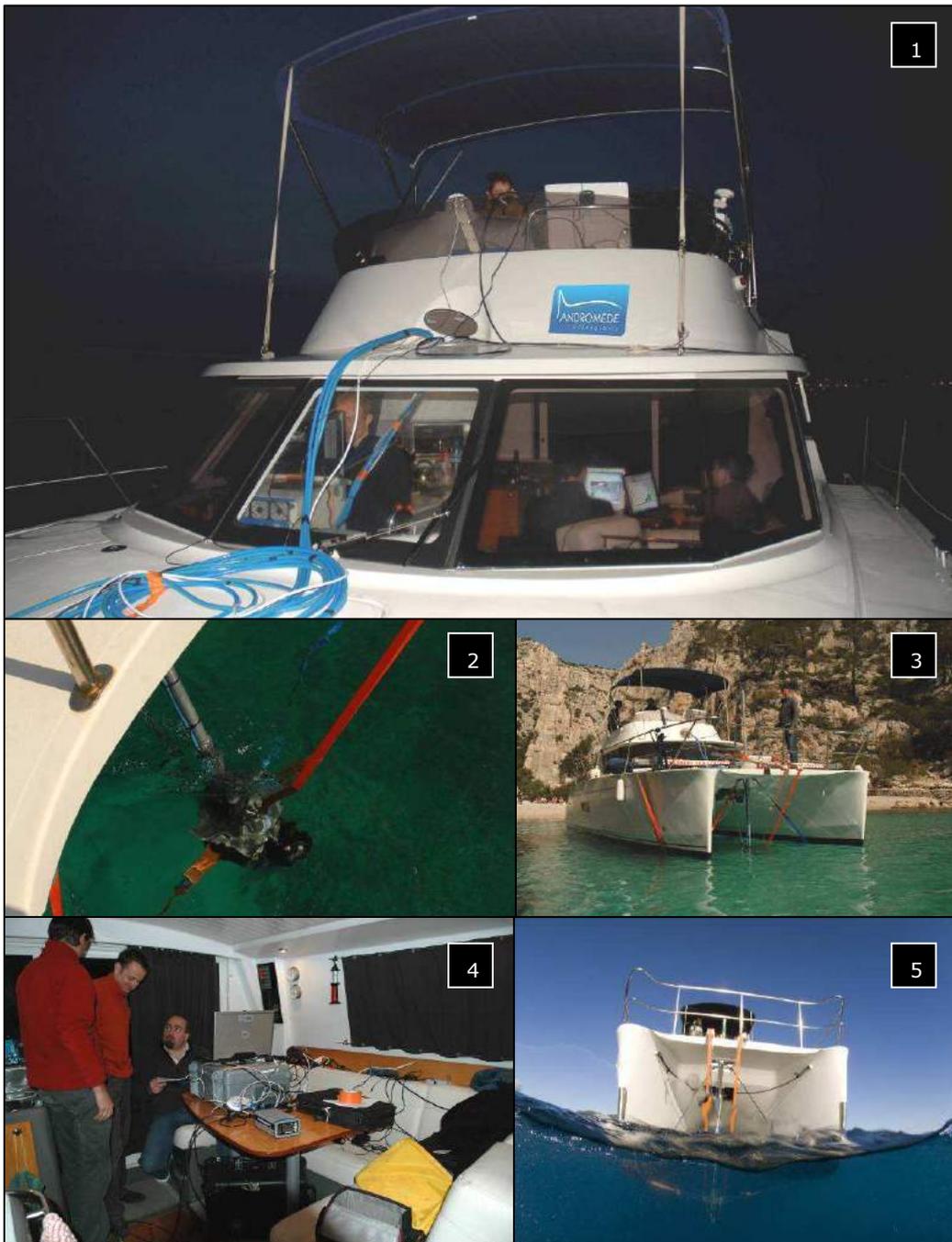


Figure 6 : (1&4) l'acquisition et le contrôle qualité des données se font en continu ; (2) sondeur interférométrique GEOSWATH ; (3&5) le faible tirant d'eau du Highland permet une acquisition dans les petits fonds

- Les missions de transects plongeurs audio ont été menées à partir de voiliers habitables (Sun Odyssey 32, Hanse 350). L'équipement est stocké à bord et l'équipe y vit en autonomie ce qui permet de réduire les temps de logistiques. Si les transects sont réalisés au moteur, la mission se déroule néanmoins en itinérance. Les déplacements se font à la voile chaque fois que possible afin de contribuer au respect de l'environnement.

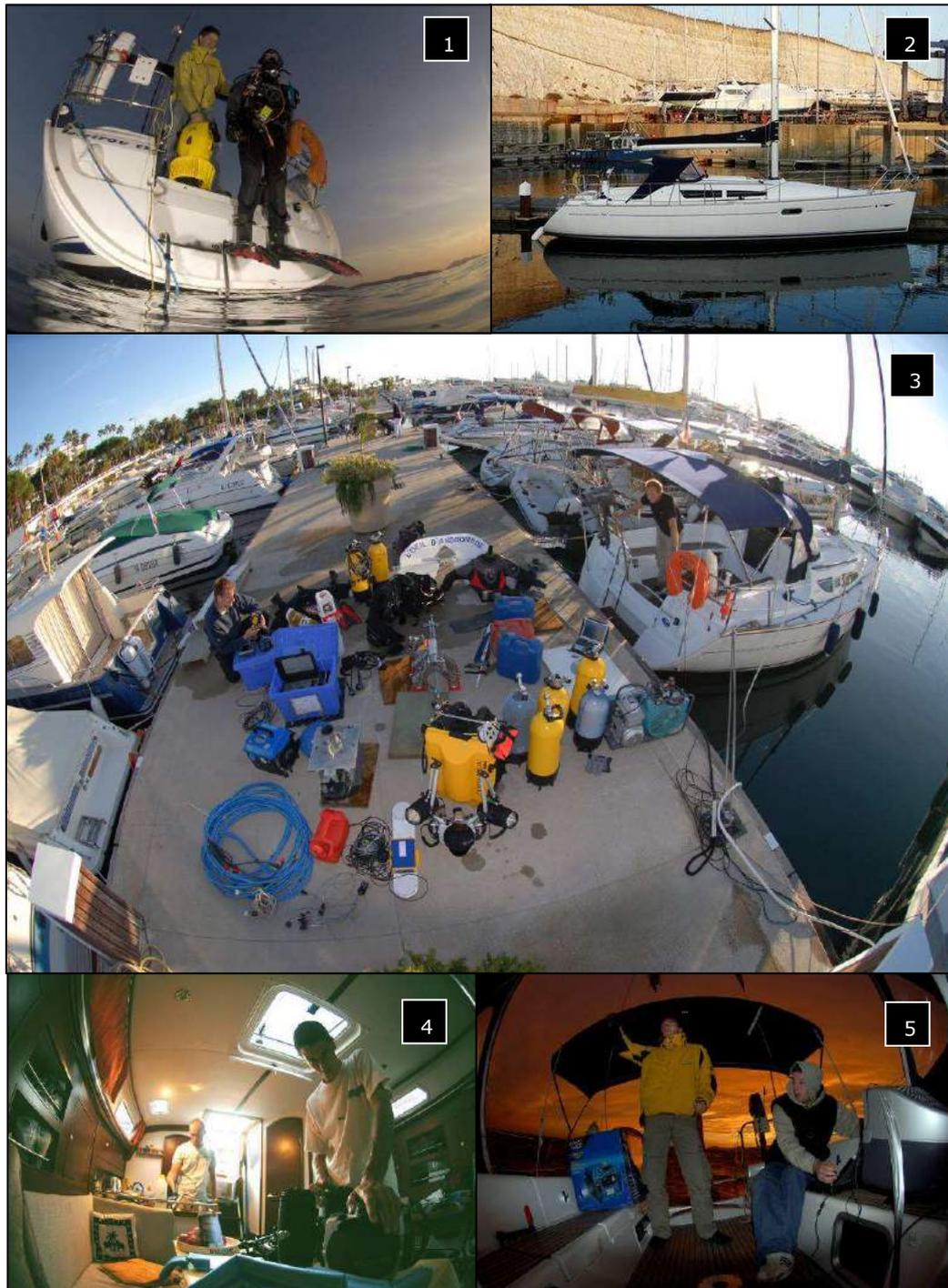


Figure 7 : (1) Mise à l'eau d'un plongeur ; (2) voilier Hanse 350 ; (3) chargement du voilier ; (4) préparation du matériel à bord ; (5) transit inter-stations

- La mission concernant l'analyse écologique des biocénoses et l'illustration des observations a nécessité la mobilisation de 2 équipes de plongeurs/biologistes et a donc justifié l'utilisation d'un navire support plus important. Elle a été conduite avec un catamaran de 40 pieds (Foutaine-Pageot Salina) accompagné d'un semi-rigide rapide 6m Bombard Explorer. Le semi-rigide permet à la seconde équipe de plongeur (la première opérant à partir du catamaran) d'accéder à des zones plus exposées ou éloignées.

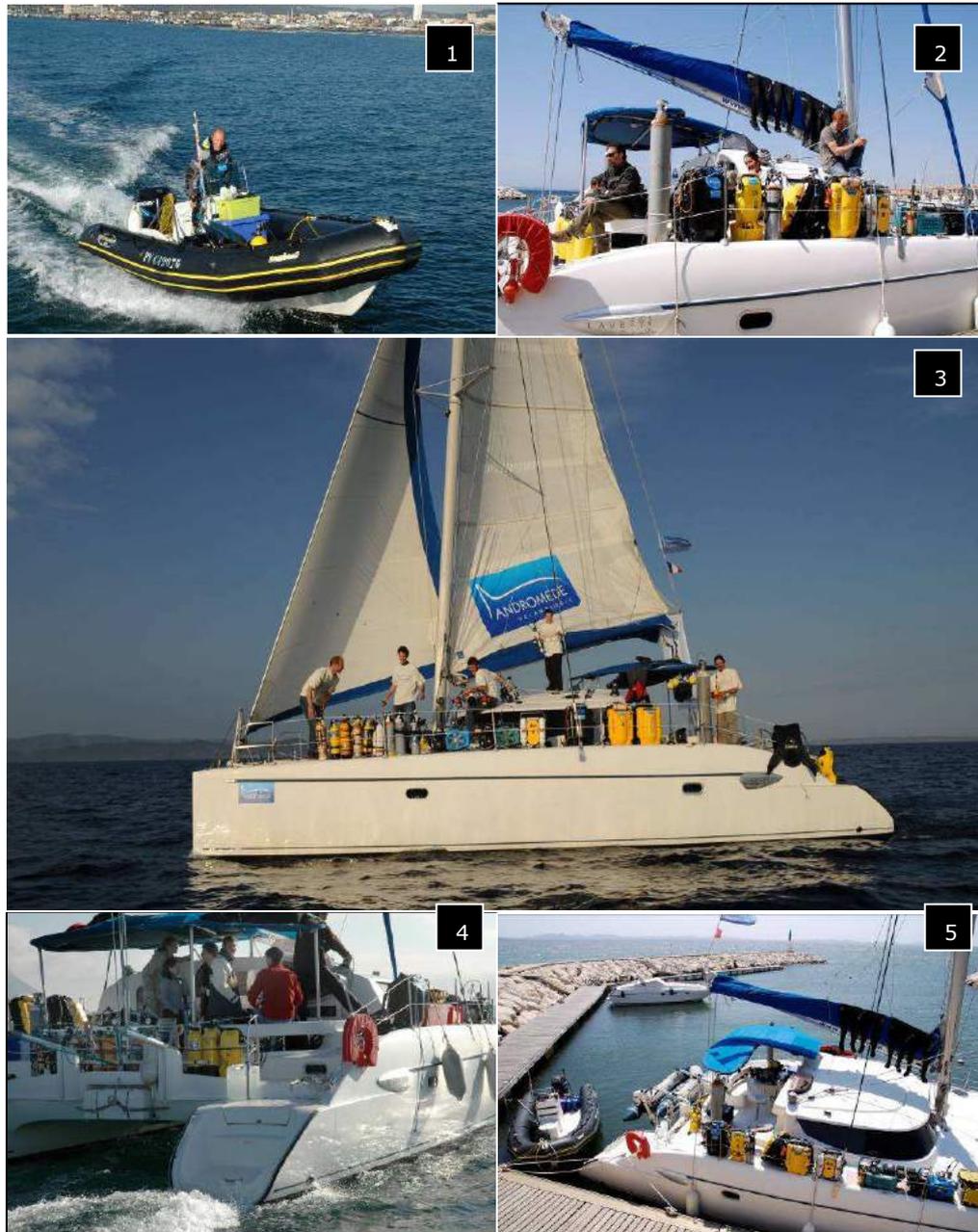


Figure 8 : (1) Bombard 6m ; (2,4,5) équipement à bord du catamaran ; (3) les transits inter-stations se font à la voile autant que possible

II.2. CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSES MARINES

II.2.1. LES ALGUES DU MEDIOLITTORAL

Le trait de côte a été digitalisé à partir d'agrandissements de photographies aériennes (IGN 2006) sous ArcGis9.2. Il a ensuite été découpé en portions de 50 mètres, l'objectif étant d'obtenir la position cartographique et l'estimation d'abondance des peuplements retenus sous quatre classes (voir tableau ci-après), afin d'enrichir la base de données SIG.

Par comparaison des bases de données et des cartographies liées, les prochains suivis permettront de préciser facilement l'évolution de ces espèces sentinelles, qui par définition sont des indicateurs de l'évolution de la qualité du milieu marin.

Class	Linéaire couvert sur secteur de 50m	Correspondance classe de densité
0	0 m (0 %)	Absence
1	1 à 10 m (<20 %)	Faible densité
2	11 à 25 m (20 à 50%)	Densité moyenne
3	26 à 50 m (>50%)	Forte densité

Classes d'abondance, recouvrement du linéaire côtier et correspondance en classe de densité.

Ce sont ainsi 57 kilomètres de côte séparant la pointe de l'Eperon au cap de Carqueiranne qui ont été prospectés à bord d'un semi-rigide, au mois d'avril 2009.

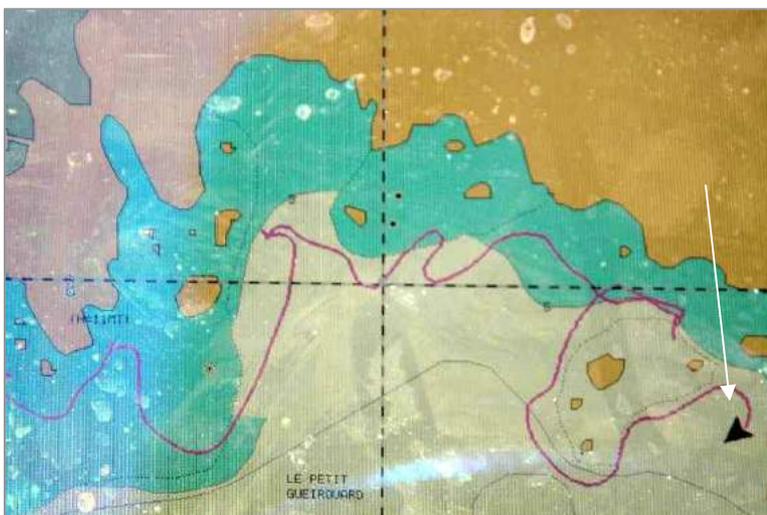


Figure 9 : L'écran du GPS du bateau. La flèche indique la position du bateau

cartographique des peuplements du médiolittoral sur l'ensemble de la zone d'étude, avec une unité géographique de 50m.

Chaque portion de 50 m est désignée par un numéro, et est représentée par sa portion de trait de côte, à laquelle correspond l'indice d'abondance des différentes espèces échantillonnées visuellement (voir tableau précédent). En combinant et triant les informations de la base de données, nous obtenons une représentation

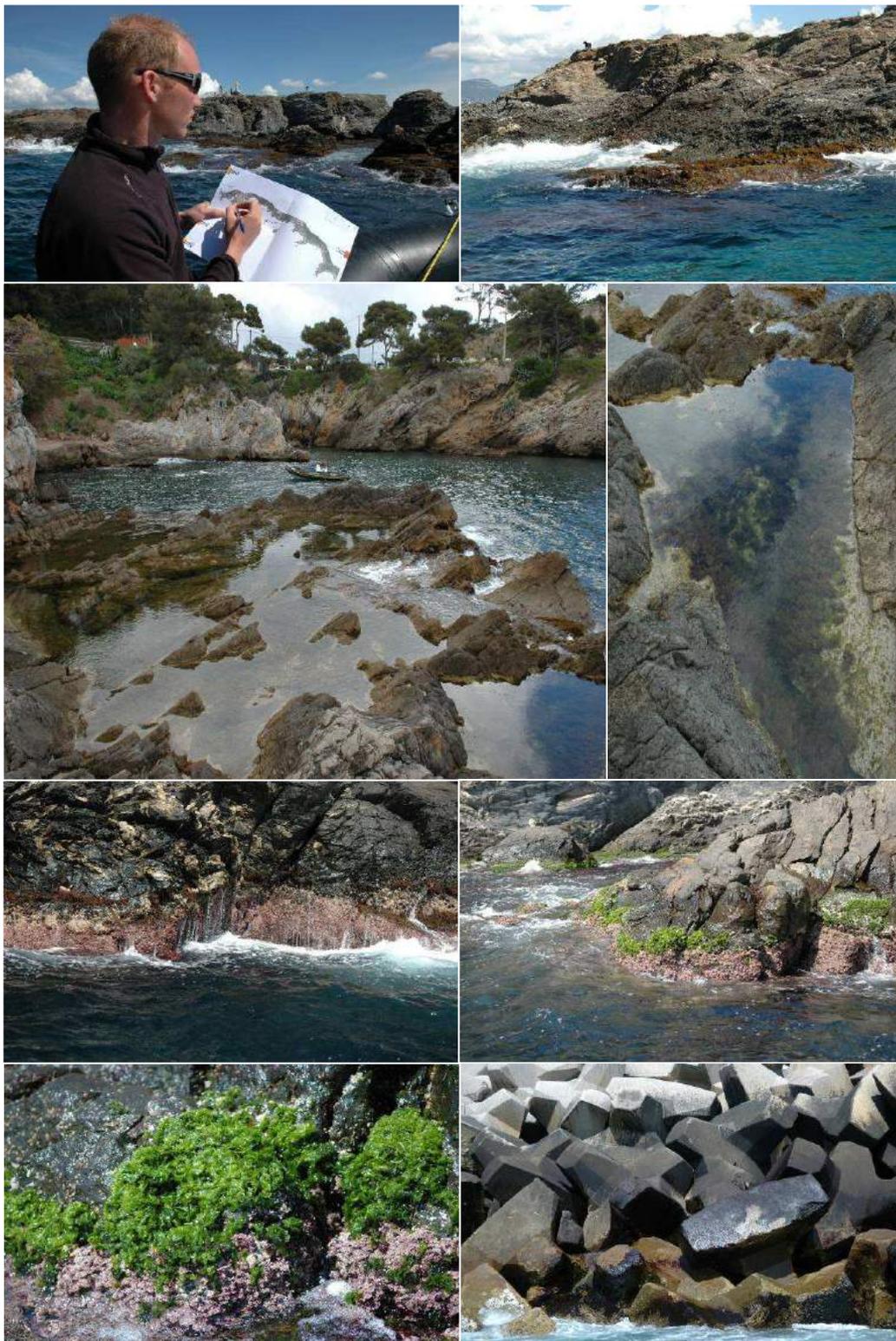


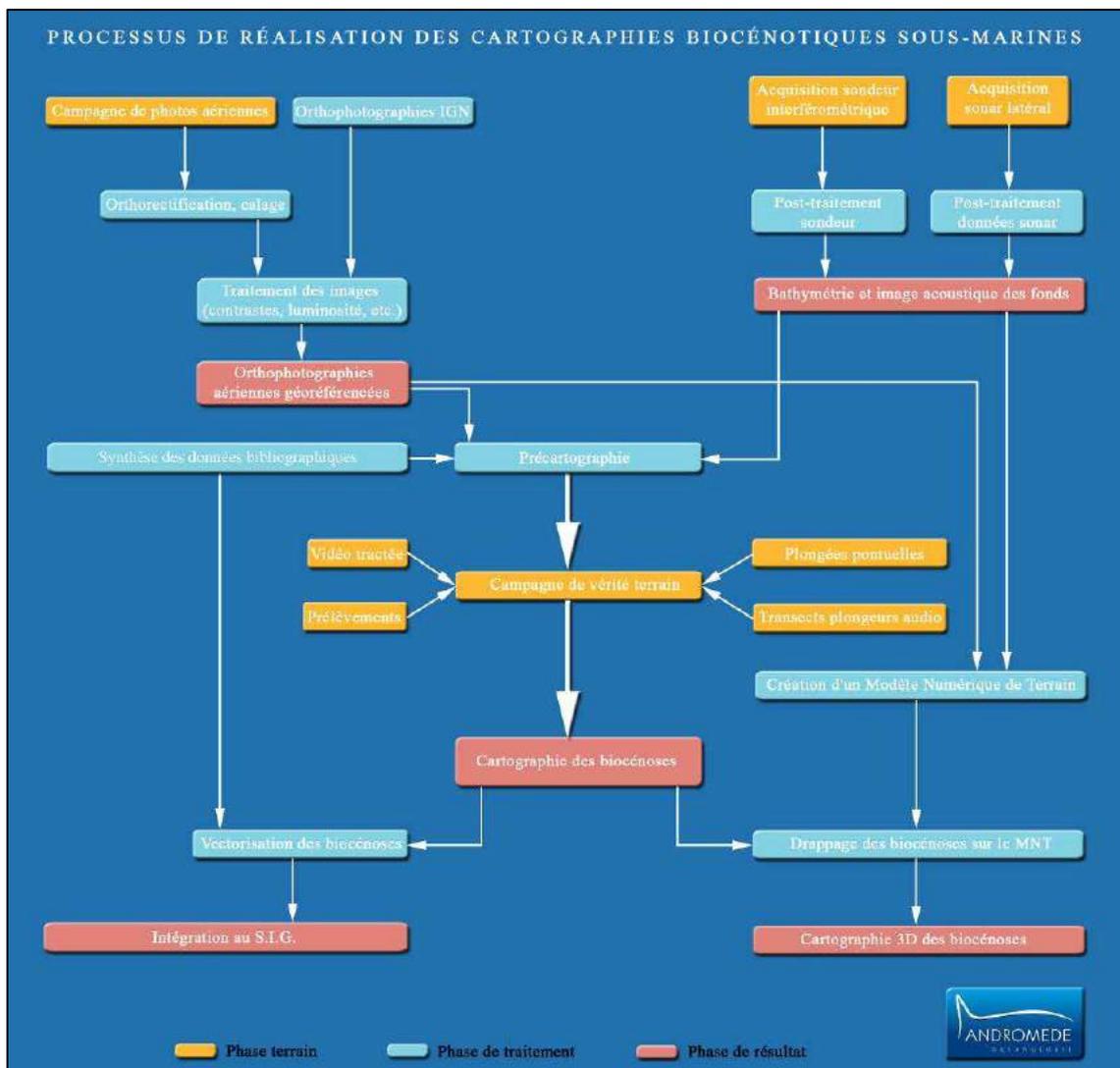
Figure 10 : Un semi-rigide longe la côte à quelques mètres du rivage. Un opérateur note sur des cartes papiers ses observations sur les algues du médiolittoral. Les mares sur les plateaux rocheux nécessitent une exploration à pied

II.2.2. BIOCENOSSES MARINES DE L'INFRA ET DU CIRCALITTORAL

La réalisation de cartographies des biocénoses sous-marines passe schématiquement par les étapes suivantes :

- Analyse des orthophotographies aériennes IGN disponibles sur la zone d'étude
- traitement des données cartographiques existantes ;
- traitement des données bathymétriques existantes et en particulier des données du SHOM ;
- acquisition de données complémentaires relatives à la morphologie et la nature des fonds par levés au sondeur multifaisceaux et au sonar latéral ;

Ce premier pool de données permet de dresser une précartographie qui est ensuite corrigée suite à des opérations dites de « vérité-terrain ». Le processus pour la réalisation de la cartographie est résumé dans le schéma suivant :



II.2.3. OUTILS D'EXTRAPOLATION

II.2.3.1. SONAR LATERAL KLEIN 3900

Le système Klein 3900 est un sonar latéral bi-fréquence pour la recherche et la détection très fine de petites entités. Ce modèle possède deux fréquences d'utilisation: 445 kHz pour une longue portée et une bonne résolution, 900 kHz pour une très haute résolution et l'identification de petites cibles.

Fréquences	445 kHz / 900 kHz	
Faisceau	Horizontal: 0.21° à 900 kHz, 0.21° à 445 kHz; Vertical : 40°	
Inclinaison du faisceau	5, 10,15, 20, 25° vers le bas, ajustable	
Profondeur maximale	200m	
Largeur de fauchée	150 mètres à 445 kHz; 50 mètres à 900 kHz	
Longueur	122 cm de long, 8,9cm de large	
Poids	29 kg	
Système d'exploitation	VxWorks®	
Sorties	00 Base-Tx, Ethernet LAN, w/ LAN	
Alimentation	NMEA 0183	
Puissance	120 watts à 120/240 VAC, 50/60 Hz	

Le Klein 3900 se compose :

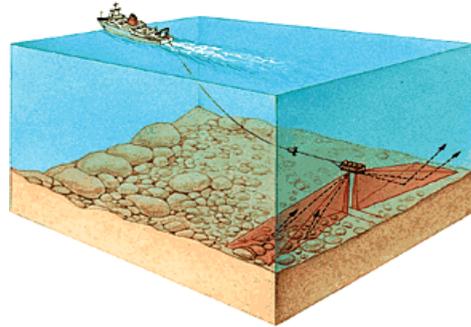
- **D'un « poisson »** La spécificité de ce sonar est d'être numérique avec digitalisation dans le poisson pour une meilleure qualité de données.
- **D'un câble électroporteur** Il assure la transmission des données vers la centrale d'acquisition, et la traction du poisson.
- **D'enregistreurs numériques** L'enregistreur traite les échos acoustiques de retour, les corrige, calcule la position de chaque signal pour la restitution finale (pixel par pixel). L'enregistreur effectue la correction de la distance oblique entre le poisson et les objets latéraux, les corrections d'amplitude, l'atténuation latérale du signal qui est compensée par un gain variable en fonction du temps et de la distance.
- **D'un système de positionnement par satellite (GPS différentiel)** GPS différentiel / Compas de CSI Vector Sensor Pro : l'utilisateur reçoit des compléments de corrections fournies par des stations terrestres de référence. Le Compas GPS fournit à la fois le cap et la position au radar, au sonar, aux traceurs de routes et autres systèmes embarqués.
- **D'un micro ordinateur embarqué – 2 écrans** Les matériels de mesure (DGPS, Sonar, ...) sont interfacés sur l'ordinateur de bord pour réaliser l'acquisition et la liaison des mesures en temps réel.
- **Du logiciel SonarPro** Il permet l'acquisition et la sauvegarde des données. Les données peuvent être enregistrées au format SDF et/ou XTF.

Acquisition et traitement des données sonar latéral

Le sonar est remorqué à une vitesse d'environ 5 nœuds et à une hauteur par rapport au fond comprise entre 3 et 10m selon fréquence (et donc la portée efficace maximale) choisie.

Le levé s'effectue en bande parallèles et dans l'axe des courbes bathymétriques de manière à travailler à profondeur constante.

Un recouvrement total des profils permet de réaliser une cartographie complète d'une zone.

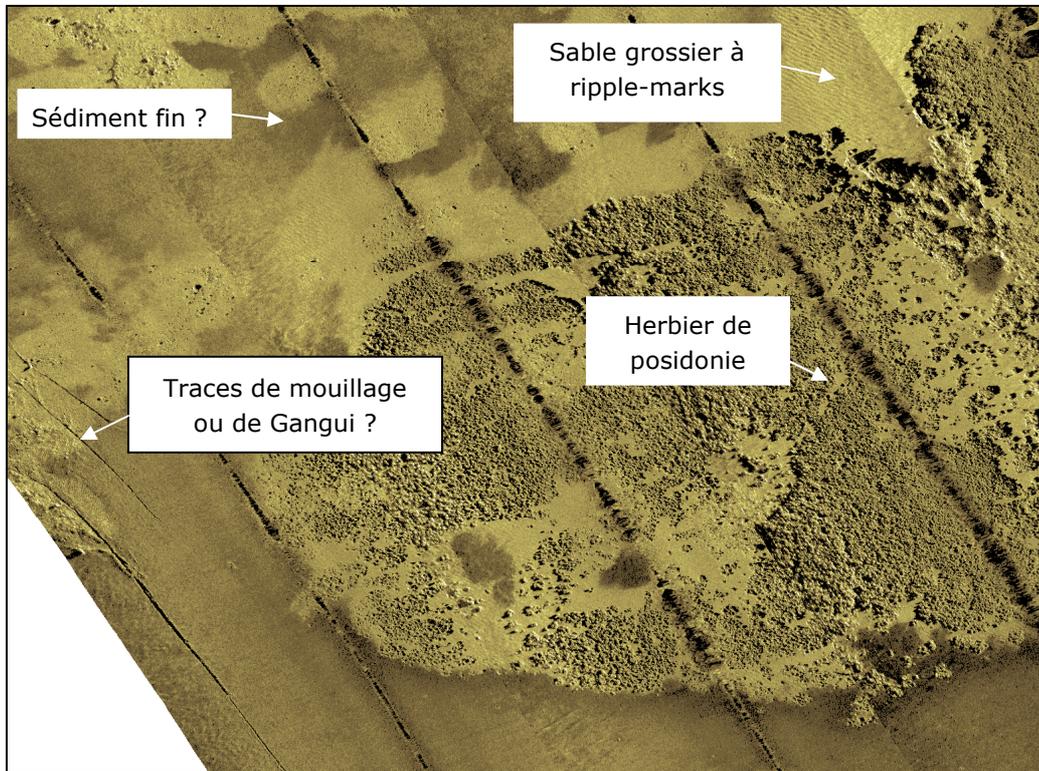


L'acquisition sonar latéral est particulièrement adaptée à la cartographie des zones de plaine, et en particulier des herbiers de posidonie sur matre. Pour les zones accidentées, la lecture des sonogrammes devient beaucoup plus délicate.



Figure 11 : Levé sonar latéral Klein 3900 (1 : DGPS, micro-ordinateur avec logiciel SonarPro et enregistreur numérique ; 2 : retour contrôle pour pilote ; 3 poisson relié au bateau par le câble électroporteur

Le logiciel spécialisé (CodaMosaic) permet d'obtenir une mosaïque géoréférencée des bandes sonar. Cette mosaïque apparaît sous la forme d'une image en gradient de jaune, laissant apparaître les différents types de substrat (depuis les substrats denses, comme la roche, qui apparaissent en blanc aux substrats meubles, comme la vase, qui apparaissent en noir).



L'interprétation des données sonar pour la précartographie apporte de nombreuses informations mais soulève aussi de nombreuses incertitudes. C'est pourquoi elle doit être suivie d'une importante campagne de vérité terrain.

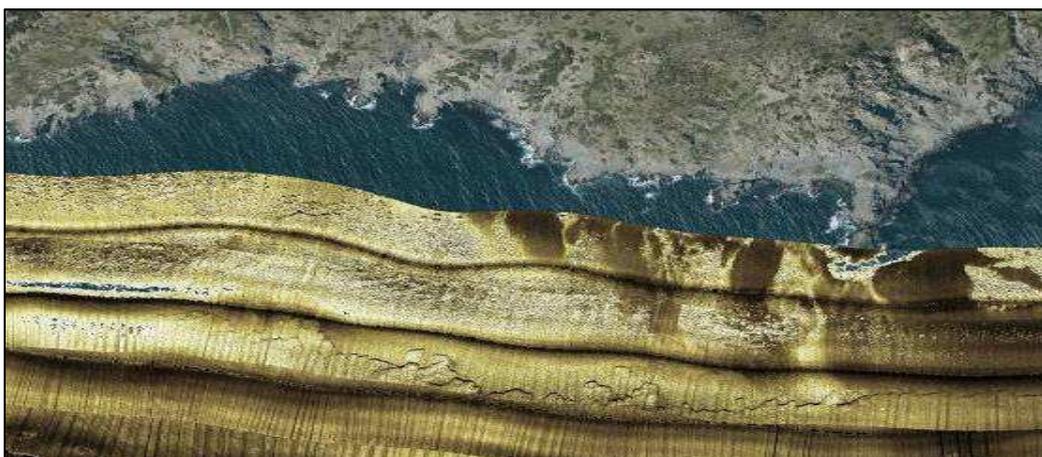


Figure 12 : couverture sonar latéral au sud de Notre Dame de la Garde

II.2.3.2. SONDEUR INTERFEROMETRIQUE - GEOSWATH

Le sondeur GeoSwath existe depuis 1999, c'est un sondeur multifaisceaux plus acquisition sonar pour les petits fonds <15m, avec une fauchée large, commandé par un PC. La dernière version de geoSwath datant de 2008 a été utilisée pour la mission.

Ce matériel se compose :

- D'un micro ordinateur embarqué – 2 écrans

Les matériels de mesure (DGPS, Sondeur, ...) sont interfacés sur l'ordinateur de bord pour réaliser l'acquisition et la liaison des mesures en temps réel.

L'acquisition permet de capturer environ 10 points en X, Y et Z par seconde.

Du logiciel GeoSwath+, qui permet d'acquérir et de traiter les données

- D'une centrale d'altitude TSS 205, permettant de corriger le roulis du bateau. précision 0.01°roulis et tangage, 0.01° cap, 5% ou 5cm en pilonnement. Continuité de position et cap pendant les masquages GPS, option RTK intégrée.
- D'un DGPS – compas de CSI Vector Sensor Pro, le Compas GPS fournit à la fois un cap précis et la position au radar, au sonar, aux traceurs de routes et autres systèmes embarqués. Précision 0,4m en sortie centrale inertielle.
- Sonde de célérité SVS de Valeport, assure la mesure de célérité à 1.5 m/sec près sur toute la colonne d'eau jusqu'à 100m
- Sondeur multifaisceaux GeoSwath, 2 transducteurs 250 kHz (portée 100m) Planimétrie : <0.4m (0,1m avec GPS RTK). Altimétrie: centimétrique y compris sur plan d'eau agité et lors des masquages GPS. Résolution : jusqu'à plusieurs centaines de sondes par m² en petit fonds.

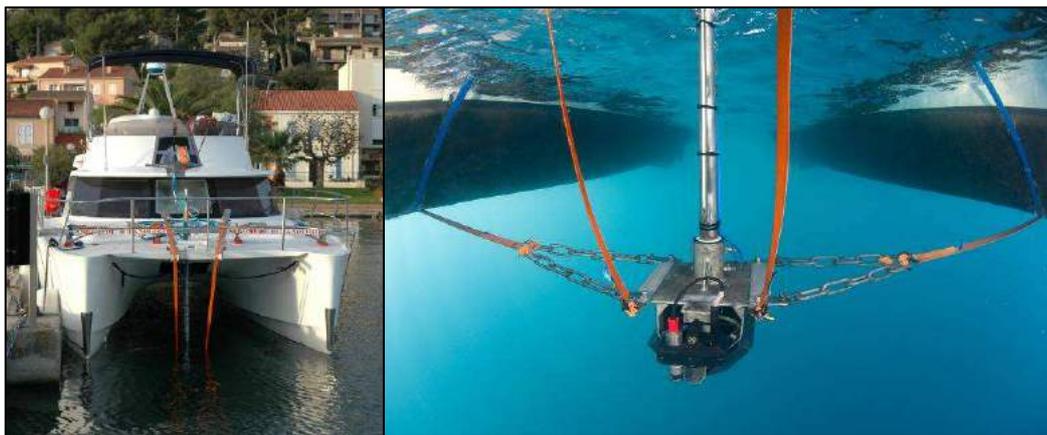


Figure 13 : Système de fixation démontable du GEOSWATH

Acquisition et traitement des données sondeur multifaisceaux

Le sondeur Geoswath est fixé entre les 2 coques du catamaran, permettant ainsi de sonder jusque dans les très petits fonds (<1m).

Le sondeur acquiert jusqu'à plusieurs centaines de sondes par m² sur une bande dont la largeur est environ 4 fois la hauteur d'eau sous le bateau.

Le couple Sondeur/D-GPS fournit 10 mesures de position et de profondeur par seconde. Les données sont récupérées sur une unité centrale interfacée avec tous les instruments de mesure. Une sonde de célérité est utilisée pour garantir la même précision sur les faisceaux obliques et les faisceaux verticaux.

Le logiciel d'acquisition est interfacé avec les fonds cartographiques déjà acquis précédemment. Ceci permet de compléter précisément la zone à couvrir.

L'habitabilité du navire permet de travailler en rotation d'équipes 24h/24h et d'exploiter pleinement les créneaux météorologiques favorables. Ceci a été particulièrement important lors de l'étude puisque les acquisitions ont été réalisées en décembre, dans des conditions hivernales changeantes.

Le post traitement consiste en la suppression des artefacts, ainsi qu'en la constitution des isobathes et d'un Modèle Numérique de Terrain ombré.

Contrôle qualité : Un premier post traitement est réalisé en continu, **à bord**, en parallèle de l'acquisition afin de s'assurer de la bonne qualité des données acquises.

Le logiciel de post traitement utilisé par Andromède est Geoswath+ pour l'épuration des données qui sont ensuite exploitées sous Arcgis.

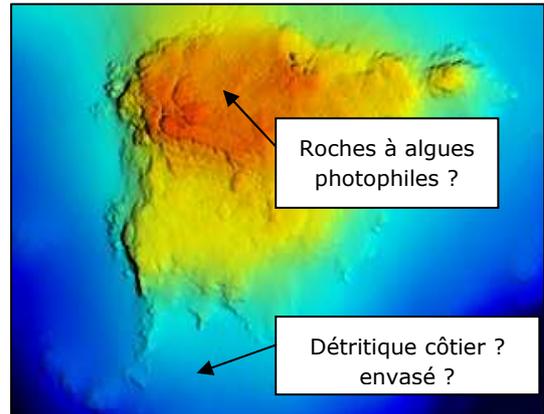
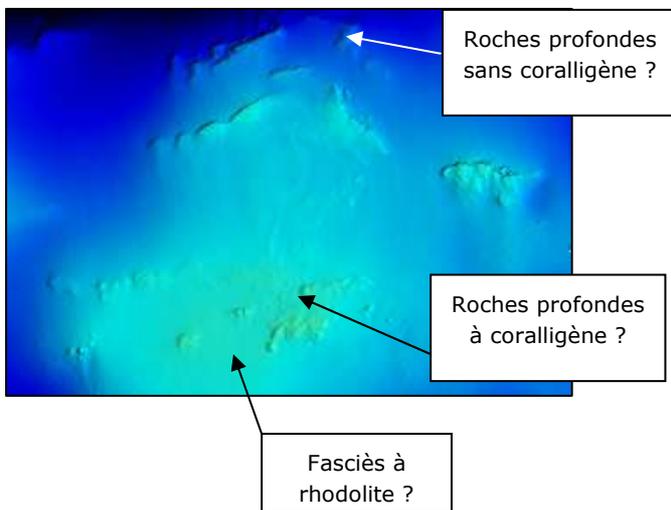


Figure 14 : Acquisition et contrôle simultané des données

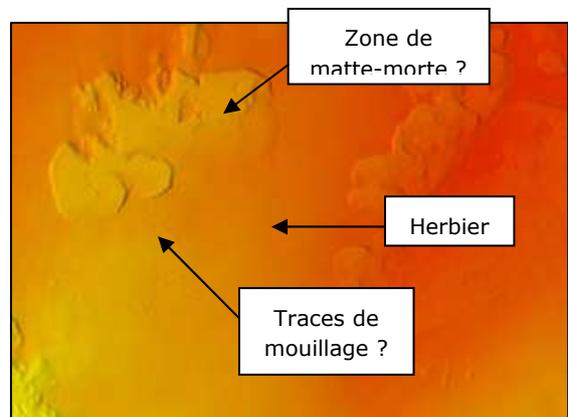
Exploitation des données du GEOSWATH

Un traitement sous Arcgis à partir des fichiers bathymétriques a permis d'obtenir un modèle numérique de terrain (MNT) en gradient de couleur, laissant apparaître les reliefs sous-marins (De la bathymétrie surface en rouge à la bathymétrie fond en bleu).

L'exploitation des modèles numériques de terrain pour la cartographie des biocénoses est à privilégier sur les zones de relief où les sonogrammes sont de lecture complexe et peuvent présenter des zones de masquage.



Néanmoins, les données issues de levés au Geoswath peuvent apporter des informations pertinentes concernant les herbiers de posidonie. L'impact du mouillage des unités de fort tonnage y est par exemple particulièrement visible.



II.2.3.3. PHOTOGRAPHIES AERIENNES

Origine des données

L'interprétation des orthophotographies aériennes a permis de localiser les limites des principales biocénoses marines littorales à faible profondeur (de 0 à 10 m au maximum à partir des données issues de l'IGN).

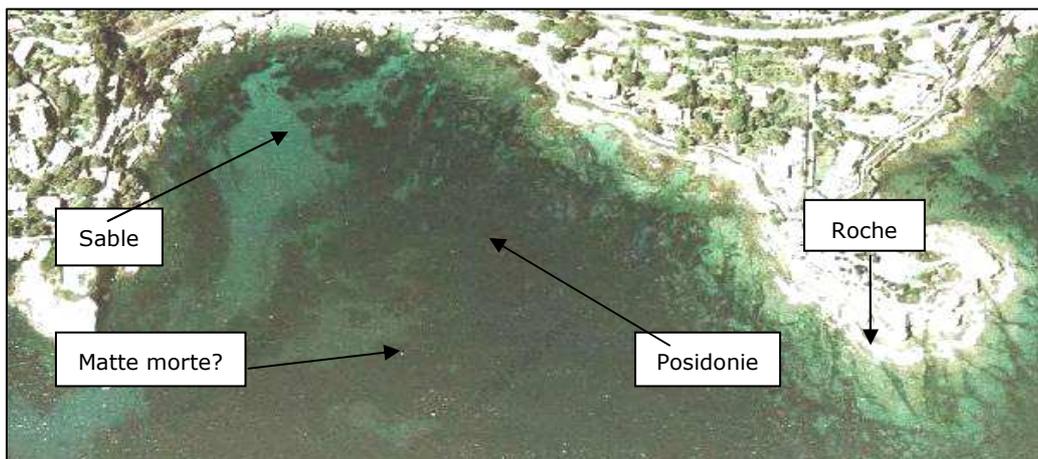
Les photographies utilisées sont fournies par l'IGN et notamment la BD Ortho (photographies aériennes orthorectifiées) de 2004. Des photos aériennes issues d'une campagne aérienne réalisée par TPM en 2006 ont aussi été utilisées.

Interprétation des photographies aériennes

La procédure de traitement appliquée aux clichés permet de les transformer en information géographique thématique. L'interprétation des photographies aériennes a été réalisée par interprétation manuelle sur l'ensemble du secteur d'étude.

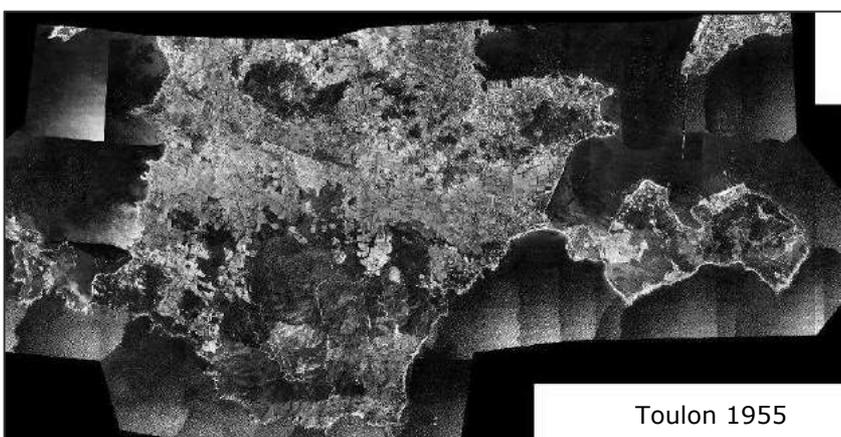
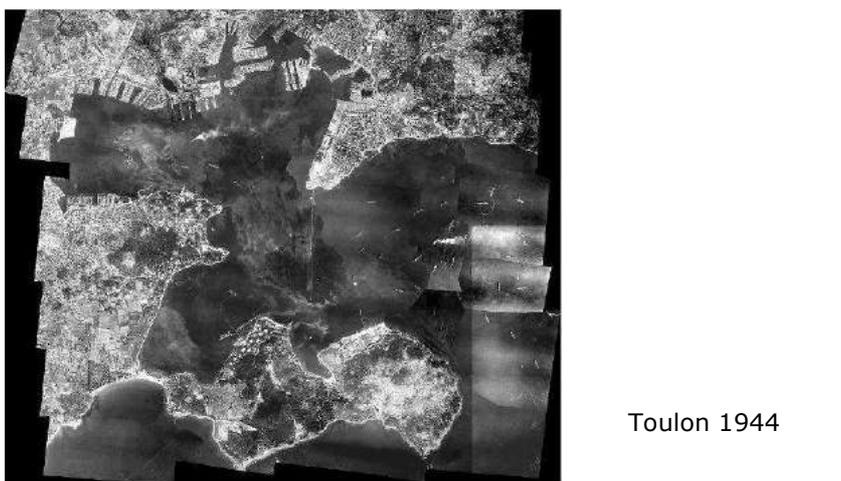
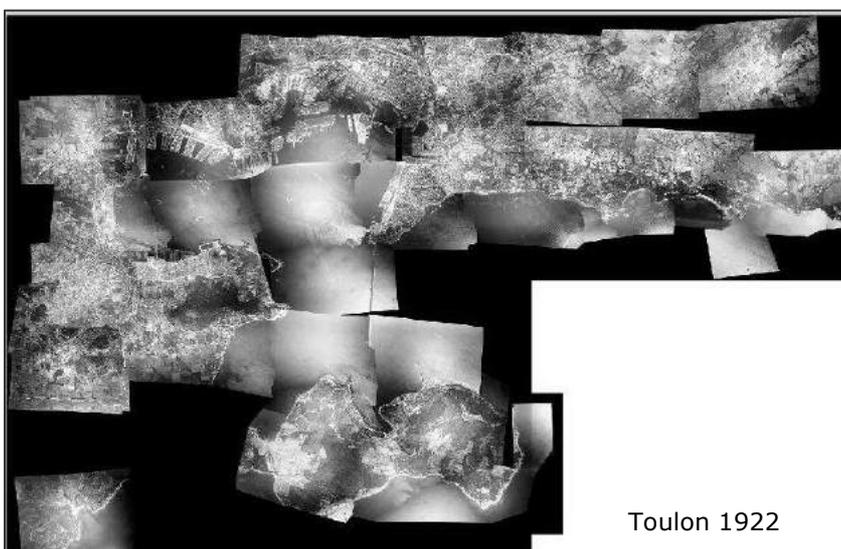
Les limites des peuplements correspondent aux changements brusques de teinte ou de densité lumineuse, de part et d'autre d'un contour plus ou moins régulier. Les zones de contact entre les différentes biocénoses apparaissent toutefois de façon variable. En effet, si une zone claire et blanche correspond généralement à une étendue de sable, une zone foncée peut traduire différents types de fonds, confondus entre eux sur la photographie : herbier de posidonie, matte morte, peuplements d'algues sur roche ou tout simplement accumulation de feuilles mortes de posidonies (litière). La carte des contours correspond donc à la position supposée des différents peuplements et types de fonds. Il est alors indispensable de compléter et de valider les informations thématiques obtenues par photo-interprétation, au moyen de vérités terrain.

L'interprétation permet d'aboutir à une maquette de carte des biocénoses à faible profondeur, directement intégrable au SIG.



Exemple d'interprétation d'une photographie aérienne pour la réalisation d'une précartographie

Des photographies plus anciennes ont également été utilisées afin de rendre compte de l'évolution de biocénoses et des aménagements sur le littoral. Ces images constituent un ensemble de mosaïques de photographies aériennes verticales datant des années 1920 à 1950 sur le littoral de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, redressées sur la base de la BDORTHO® ©IGN.



II.2.4. OUTILS DE VERITE TERRAIN

La qualité et la précision des cartographies produites sont directement liées à la qualité des acquisitions de base mais aussi au nombre de points de vérité terrain qui vont permettre de corriger la précartographie car seules les données de « vérités terrains » permettent de valider un point biocénotique. Leur multiplication est un critère de fiabilité des cartographies.

Pour contourner l'aspect ponctuel d'une observation par plongeur, nous avons mis en place la technique du transect plongeur audio, qui permet la validation terrain de plusieurs milliers de points par un plongeur/biologiste le long de transects pouvant atteindre une vingtaine de kilomètres par jour d'acquisition.

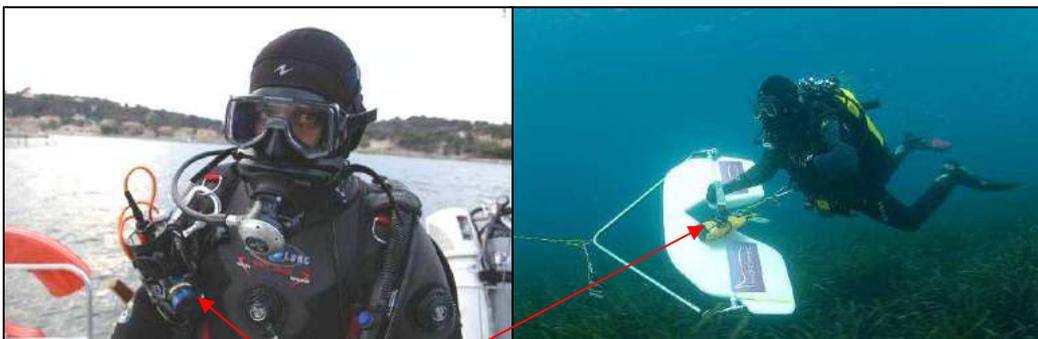


▪ Méthodologie du « Transect plongeur audio »

Le plongeur est tracté par le bateau à la bathymétrie voulue en fonction des zones à décrire. Il transmet ses observations en temps réel (présence d'herbier, indice supposé de vitalité...) à l'opérateur qui peut suivre son parcours sur l'ordinateur relié au dGPS. Il est équipé d'une planche de tractage qui lui permet de faire varier sa profondeur et d'un harnais pour réduire les efforts (équipé d'un mousqueton à largage rapide pour la sécurité). Un module USBL permet le positionnement GPS du plongeur et donc de chacune des observations qui sont transmises à l'opérateur.

▪ Positionnement des observations sous-marines

En ce qui concerne les données acquises sous l'eau (transect plongeur audio, Plongées ponctuelles, nous utilisons un tout nouveau système de positionnement USBL, le Micronav de Tritech qui permet de disposer de la position GPS sous l'eau.



Module acoustique permettant le positionnement GPS sous-marin

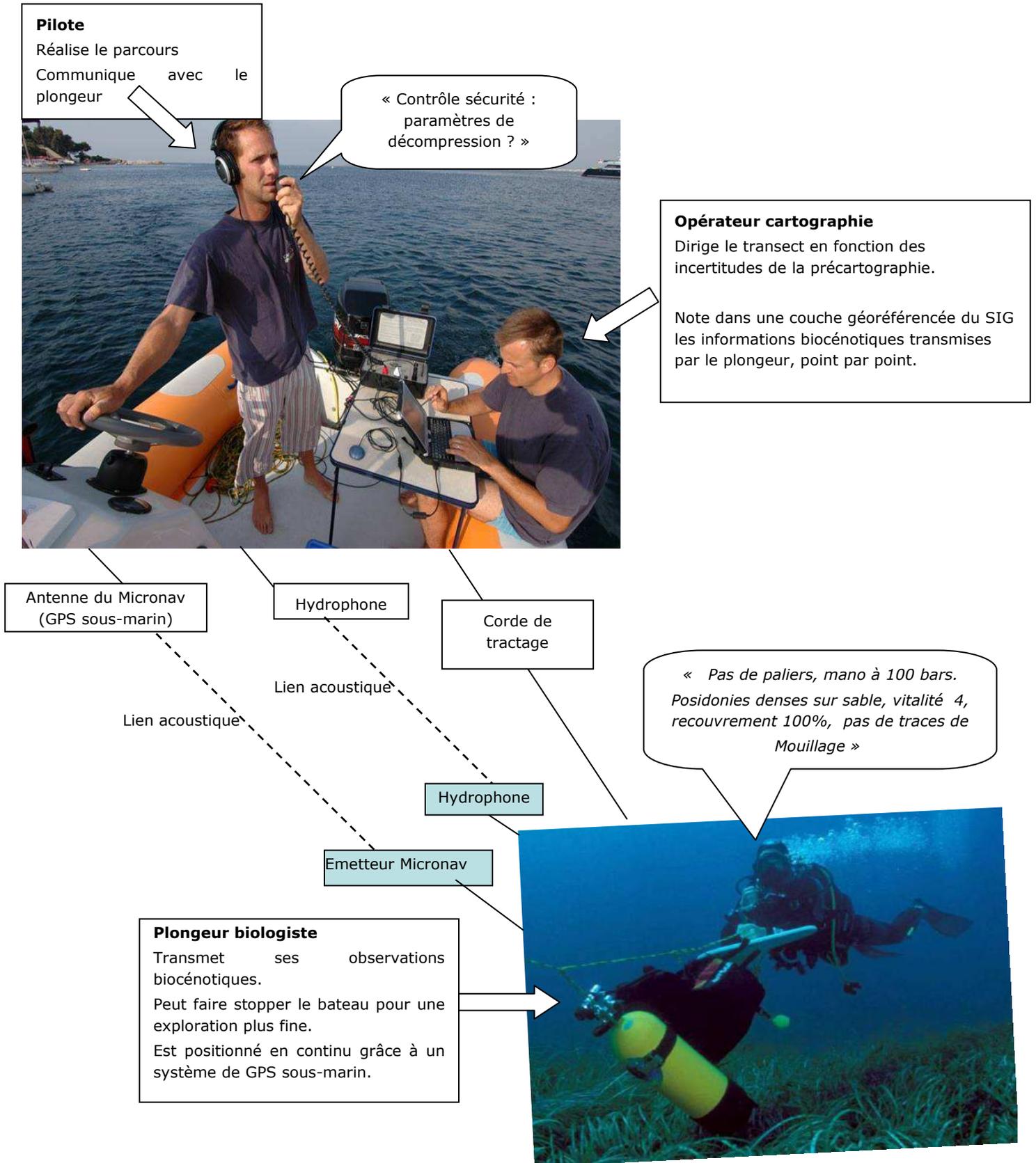


Figure 15 : principe du transect plongeur audio

II.3. ANALYSE ECOLOGIQUE

II.3.1. HERBIERS DE POSIDONIE

3 zooms au 1/40ème de la limite inférieure de l'herbier de posidonie ont été définis en coordination avec le comité technique lors de la réunion du COPIL de mars 2008 ces points sont situés :

-  En limite inférieure de l'herbier de Carqueiranne
-  En limite inférieure de l'herbier du Mourillon
-  En limite inférieure de l'herbier de Sicié

Ces zooms s'appuient sur l'utilisation de L'AQUA-METRE D100 qui est un système de positionnement local subaquatique basé sur un principe d'interférométrie acoustique 3D (USBL).

Il est particulièrement adapté aux métrologies précises avec une portée de 150 mètres de rayon.

C'est un système simple de mise en œuvre, complètement autonome (sans câble entre le fond et la surface), pouvant être opéré par un seul plongeur.

La préparation de la plongée ainsi que la récupération des mesures se font par l'intermédiaire d'un PC et d'une liaison infrarouge, les mesures pouvant être transférées au format .dxf (compatible avec de nombreux logiciels de CAO).

Le système est auto-calibrant et ne nécessite pas de sonde de célérité (mesure de la célérité acoustique

Pour chacun de ces zooms, les mesures télémétriques sont couplées à une caractérisation des limites de l'herbier selon le protocole développé dans le cadre du Réseau de Surveillance Posidonies, et compatible avec le réseau de suivi des peuplements benthiques élaboré dans le cadre de la DCE.



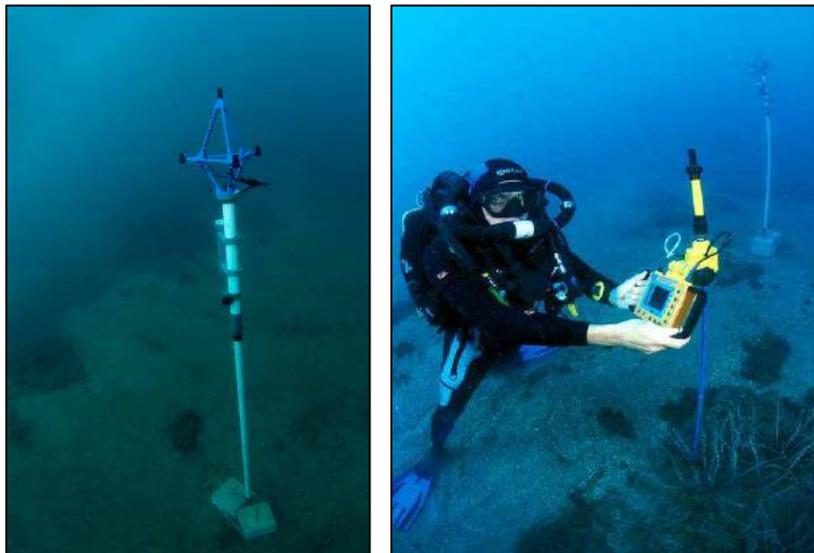
Figure 16 : pointeur acoustique de l'aquamètre D100

Méthodologie

La télémétrie acoustique est basée sur le principe d'interférométrie acoustique sur bases courtes (http://www.plsm.eu/site_fr/), elle permet de positionner des objets en 3D de manière extrêmement précise (précision affichée sur le résultat cartographique : environ 1cm à 10 mètres de la base, 10 cm à 100m).

Cette technique innovante permet de réaliser des microcartographies au 1/40^{ème}, de calculer des surfaces sous Arcgis, donc de mesurer des indices de recouvrement. Les cartographies sont répliquables et ne nécessitent pas, suivant la forme de l'herbier, la mise en place de balises permanentes.

Entre 500 et 1000 points (1 tous les 40/50cm) sont positionnés sur les limites inférieures de posidonie. Cette technique a permis le balisage d'une trentaine de sites sur les côtes françaises à ce jour (Cf. « *Microcartographie par télémétrie acoustique de 9 herbiers de posidonie pour le suivi de la qualité des masses d'eau côtières méditerranéennes françaises dans le cadre de la DCE* », Andromede/Agence de l'Eau RMC).



A gauche, le cadre interférométrique fixé sur son mât d'une hauteur de 2,5 m.
A droite, le récepteur est positionné par le plongeur sur la limite de l'herbier pour enregistrer un point correspondant à la position en xyz du pied du pointeur.



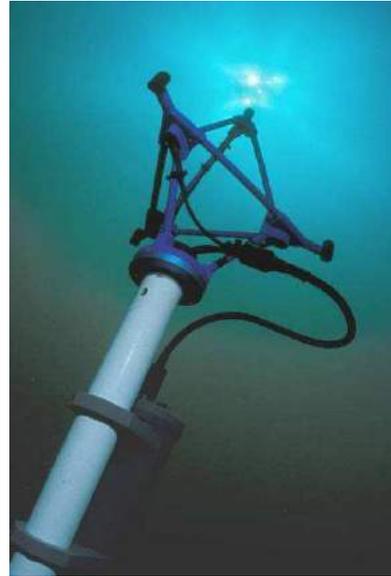
Principe de la cartographie par télémétrie

- Repérage général de l'herbier :

L'étape consiste à évaluer la forme de l'herbier et à en rechercher les limites. Cette mesure aide au positionnement de la base et de 2 points remarquables afin d'assurer le suivi sur plusieurs années. Le relevé des coordonnées GPS des points remarquables se fait à l'aide du GPS sous-marin.

- Mise en place de la base :

La base est posée à proximité de l'herbier, en prenant soin d'éviter les masquages éventuels avec le relief sous-marin conduisant à une absence de dialogue entre le pointeur et la base. La base est ensuite maintenue sur le fond par des plots en béton. La verticalité du mât doit être contrôlée et ne pas excéder 5° par rapport à la verticale ce qui dépasserait la capacité de correction de l'inclinomètre. De même, le mât doit être suffisamment rigide pour limiter d'éventuelles oscillations dues aux courants.



- Balisage de la limite inférieure :

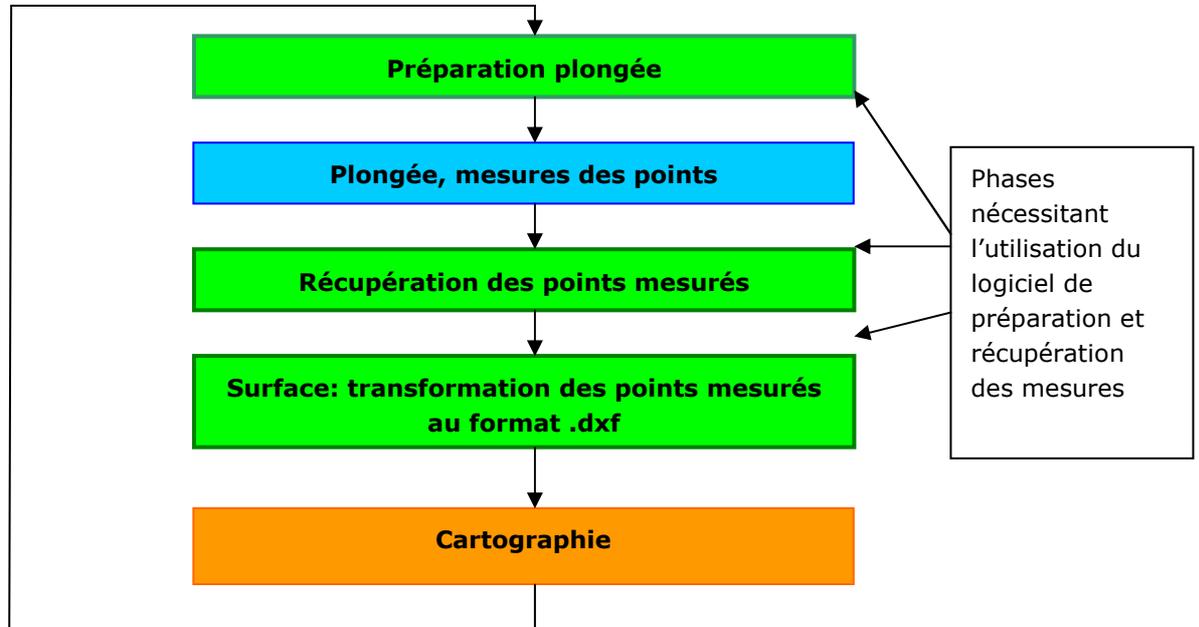
Le plongeur est équipé du pointeur et se déplace le long de la limite de l'herbier. Il enregistre sa position manuellement en fonction de la précision souhaitée. L'évolution en 2006 des appareils de télémétrie permet un espacement de 50 cm entre chaque point. Les images suivantes illustrent le matériel de télémétrie utilisé.



- Post-traitement des données

Les données recueillies sont ensuite récupérées sur ordinateur, via une interface infrarouge, et traitées par le logiciel de préparation et d'exploitation des mesures.

Le diagramme suivant présente les phases typiques de mise en œuvre du positionneur acoustique sous-marin,

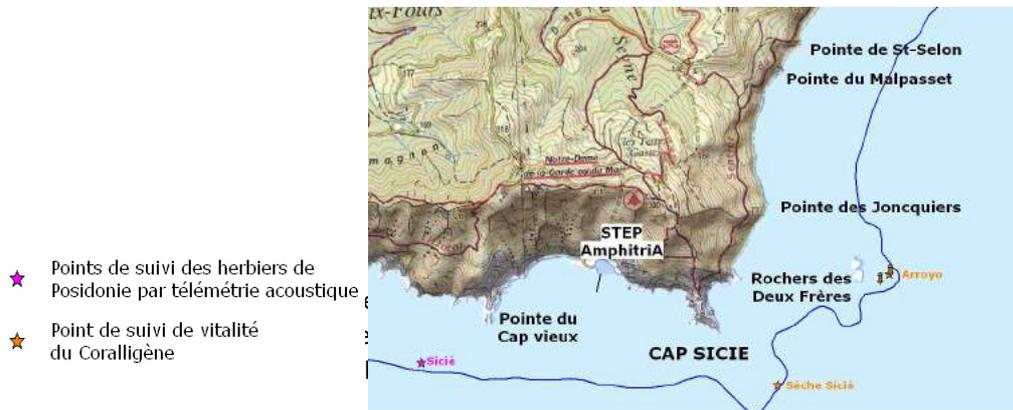


Phases de mise en œuvre du positionneur acoustique sous-marin.

Le traitement de ces données permet de dresser le tracé de la limite des herbiers.

II.3.2. CORALLIGÈNE

2 stations ont été définies pour le suivi de l'état de vitalité du coralligène.



L'état de santé du coralligène a été évalué à partir de la présence des gorgonaires qui sont susceptibles de subir des dégâts importants en cas de réchauffement des eaux, de proliférations d'algues filamenteuses ou de pollutions chimiques.

La méthode de recensement employée a été élaborée par les scientifiques du Centre d'Océanologie de Marseille suite à l'épisode de mortalité massive décrit par Perez *et al.* (2000), qui s'est produit en 1999, en Ligurie et sur les côtes de Provence.

Trois paramètres ont été systématiquement notés pour chaque gorgone :

- (1) Nécrose
- (2) Recouvrement par les algues
- (3) taille / dégradation

(1) **Le taux de nécrose** sera classé en 6 catégories :

0 : colonie nécrosée, colonie entièrement recouverte

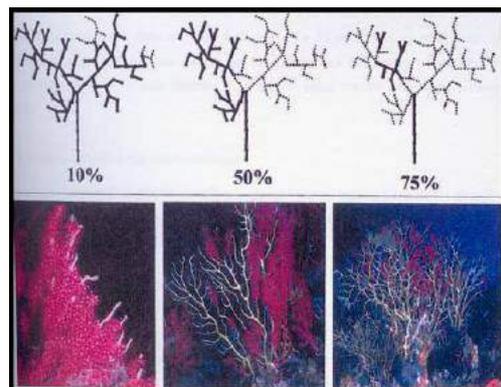
1 : 75-99% de la colonie nécrosée/recouverte

2 : 50-74% de la colonie nécrosée/recouverte

3 : 25-49% de la colonie nécrosée/recouverte

4 : 10-24% de la colonie nécrosée/recouverte

5 : 0-9% de la colonie nécrosée/recouverte



(2) **Colonisation** des axes dénudés des gorgones par des organismes vivants. Elle permet d'avoir une estimation de la date de la nécrose. L'échelle utilisée est la suivante :

- N : le squelette est nu ; la nécrose est récente.
- C : le squelette est colonisé par des algues et des bryozoaires ; la nécrose est alors plus ancienne.
- N et C : on observe, sur une même colonie, une partie de l'axe nu et une autre partie colonisée ; ceci peut être dû à une colonisation en plusieurs phases.

(3) **Classe de taille** - Les colonies ont été mesurées avec un mètre au cm près. Ces données permettront de dresser les histogrammes de distribution des tailles de chaque peuplement étudié. Il sera également noté toute information de dégradation mécanique des gorgones.

Une description des espèces colonisant les fonds de coralligène à proximité sera également faite et intégrée à l'analyse écologique



Un suivi des populations de gorgones par télémétrie acoustique a été tenté dans le cadre de cette étude mais la difficulté est que les gorgones se trouvent dans un espace qui n'est pas plan et le suivi doit alors se faire en 3 dimensions. Cette technique étant au stade expérimental, les résultats présentés ici concernent donc uniquement les paramètres classiques de vitalité (taille, taux de nécrose, type de colonisation, etc.).

II.3.3. DIAGNOSTIC DE LA RICHESSE ECOLOGIQUE PAR ZONE HOMOGÈNE

Analyse prospective des habitats

Suite à la cartographie réalisée en 2001 sur le même secteur d'étude, nous avons pu comparer l'évolution des habitats et dresser notamment pour l'herbier de posidonie des cartes mettant en évidence sa progression ou sa régression.

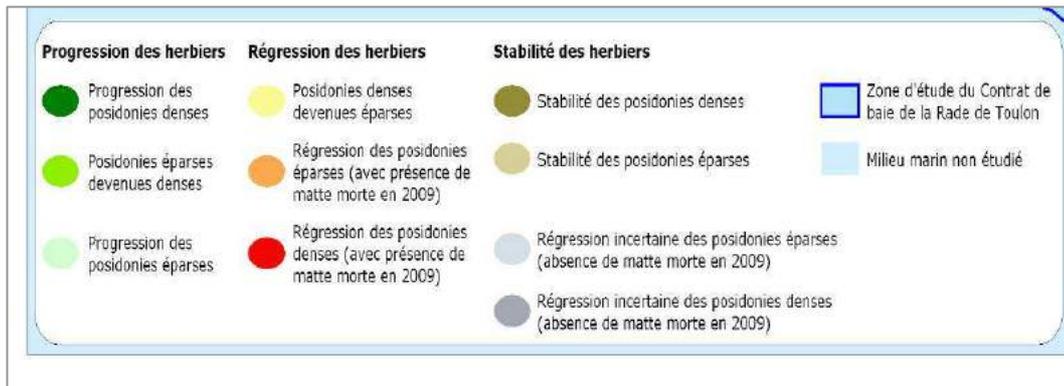


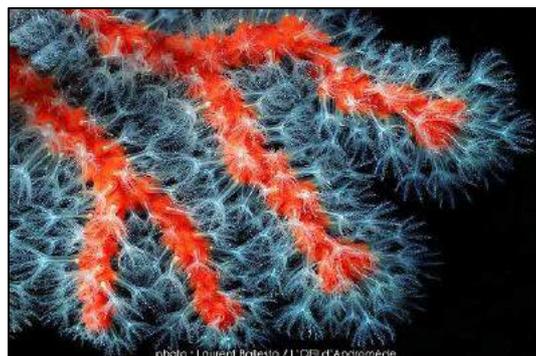
Figure 17 : Légende employée pour cartographier l'évolution de l'herbier à Posidonie depuis 2001

Diagnostic écologique

Le diagnostic écologique vise à établir l'état des lieux du territoire (faune, flore, habitats). Plus précisément, il consiste à expliquer, pour tous les habitats et espèces patrimoniales, leurs exigences, leur état de conservation actuel, leur dynamique par rapport à un état de conservation jugé favorable, et les facteurs naturels ou humains qui tendent à modifier ou maintenir cet état de conservation.

C'est sur la base de ce diagnostic que seront élaborées des mesures d'action pour restaurer les zones dégradées, valoriser les zones pauvres et préserver les zones d'intérêt patrimonial majeures.

La réalisation du diagnostic écologique a nécessité la mobilisation de moyens spécifiques lors de 2 missions au printemps 2009 mais s'est appuyée aussi sur la connaissance accumulée lors de toutes les phases de cartographie précédentes. Par exemple, le choix de la localisation des plongées ponctuelles a été dicté par les connaissances bibliographiques mais aussi par les observations faites lors des transects plongeurs audio qui permettent le repérage de sites d'intérêt ou au contraire dégradés.



Exemple d'espèce patrimoniale
Corail rouge (*Corallium rubrum*)

L'inventaire de la richesse écologique n'est pas exhaustif. Il a visé à recenser les espèces et les habitats présentant :

- un statut légal de protection

Les espèces protégées par les arrêtés ministériels du 19 juillet 1988, du 26 novembre 1992 et du 17 juillet 1991 : la patelle géante (*Patella ferruginea*), la grande nacre (*Pinna nobilis*), l'oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*), la grande cigale (*Scyllarides latus*), la posidonie (*Posidonia oceanica*), la datte de mer (*Lithophaga lithophaga*), la tortue caouane (*Caretta caretta*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*).



Grande nacre (*Pinna nobilis*)

Les espèces protégées par le décret du 7 juillet 1999, correspondant à la publication des amendements aux annexes I et II, de la convention de Berne, plus particulièrement : les hippocampes (*Hippocampus hippocampus* et *Hippocampus ramulosus*), la grande porcelaine (*Luria lurida*), l'éponge Corne-de-cerf (*Axinella polypoides*), le mérrou brun (*Epinephelus marginatus*). Le moratoire d'interdiction de pêche sous-marine du mérrou brun est prolongé jusqu'au 31 décembre 2013 et étendu à toutes formes de pêche à l'hameçon sur l'ensemble du littoral de la Méditerranée continentale.

- un intérêt halieutique

Les espèces d'intérêt halieutique, bien que sans protection juridique particulière, peuvent être le support d'activités importantes (pêche, pêche sous-marine).



Le homard (*Homarus gammarus*)

La baudroie (*Lophius piscatorius*)

- un intérêt esthétique ou patrimonial

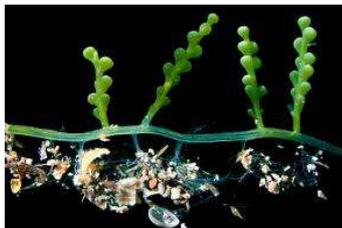
Certaines espèces et/ou habitats sont particulièrement sensibles à la pression humaine s'exerçant sur le milieu marin car ils sont spécifiquement recherchés pour leur beauté. C'est le cas par exemple des tombants de coralligène, ou sur un plan spécifique, des gorgones rouges (*Paramuricea clavata*) qui sont très attractifs pour les plongeurs sous-marins.



Localisation des pressions anthropique et naturelle étant facteurs de dégradation des biocénoses marines.

En parallèle à l'inventaire de la richesse écologique nous avons localisé les zones présentant des traces de dégradation des habitats liée aux activités anthropiques. De même il a été renseigné sous SIG les zones colonisées par les algues proliférantes comme *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa racemosa* ou encore des algues filamenteuses.

La présence des algues marines proliférantes *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* représente une menace potentielle pour la diversité biologique. En effet elles entraînent une homogénéisation des fonds qui est un facteur d'appauvrissement du milieu. Ces algues possèdent, en Méditerranée, un mode de reproduction par bouturage (des fragments de l'algue peuvent former une nouvelle colonie) en plus d'une reproduction sexuée pour *C. racemosa*. Ces deux espèces envahissantes ne possèdent pas de prédateur.



Caulerpa racemosa



Caulerpa taxifolia

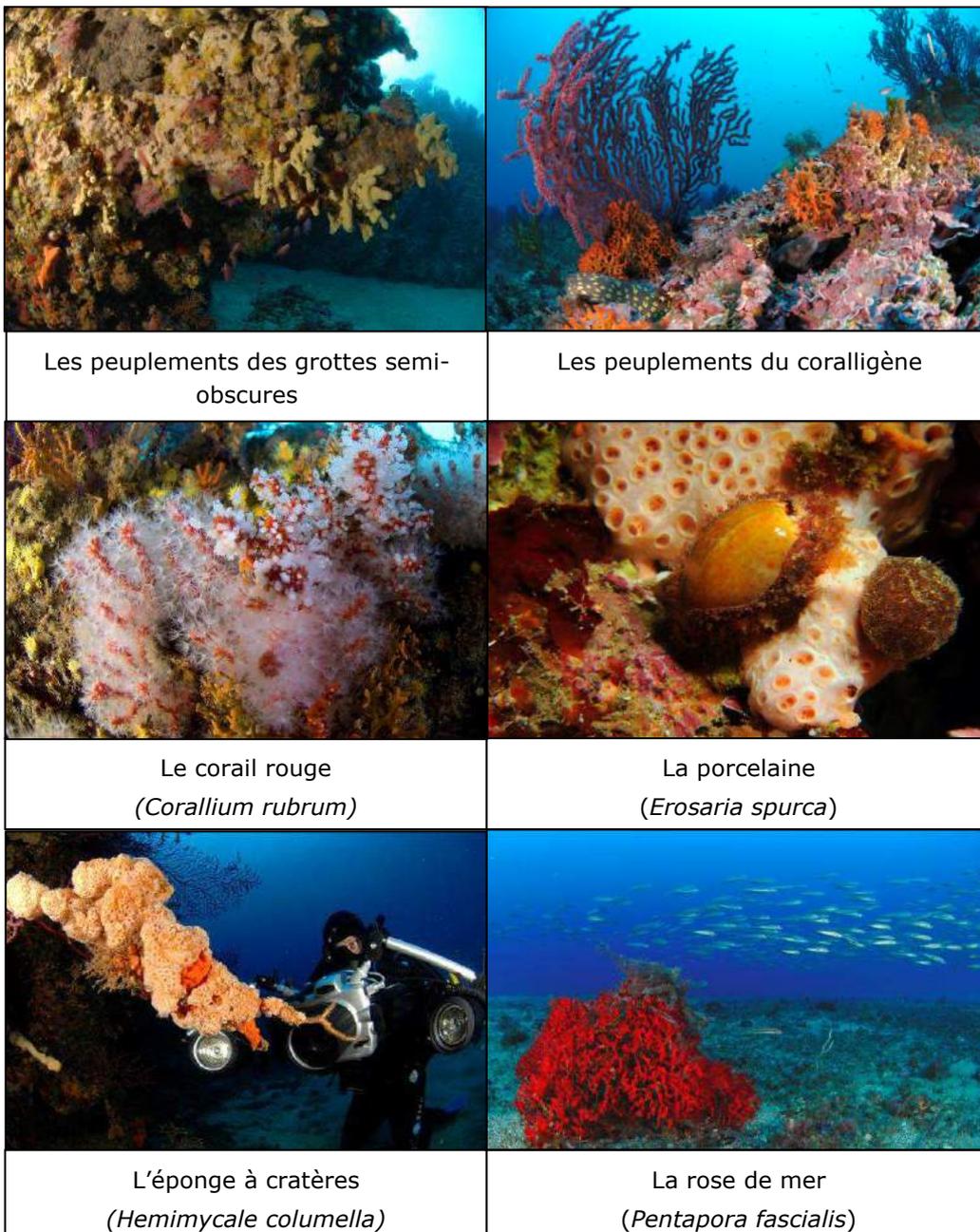


L'algue filamenteuse
Nematochryopsis marina

II.3.4. ILLUSTRATION DE LA RICHESSE ECOLOGIQUE

Le rendu comprend un catalogue photographique réalisé durant l'étude concernant la richesse écologique marine de la zone d'étude.

Ce travail a été réalisé d'une part tout au long de l'étude, mais a aussi fait l'objet de nombreuses plongées spécifiques par Laurent Ballesta (photographe sous-marin). Un équilibre a été recherché entre photographies de paysages et macro-photographies dans le cadre de ce catalogue dont le maître d'ouvrage peut user librement sous réserve d'exploitation non commerciale.



III. RESULTATS CARTOGRAPHIQUES ET ANALYSE PAR ZONE HOMOGENE

III.1. PRECISION CARTOGRAPHIQUE ET EVOLUTIONS DEPUIS 2001

L'évolution des méthodologies depuis la précédente cartographie (GIS / IFREMER 2001), et un effort d'échantillonnage supérieur, notamment en ce qui concerne les vérités terrains (transect plongeur audio, positionnement par Gps sous-marin), nous a permis de préciser les délimitations des biocénoses marines.

En conséquence, si la représentation des cartographies dans ce rapport se fait au 1/15000^{ème} afin de découper la zone d'étude suivant des secteurs homogènes, la précision sous SIG est au 1/5000^{ème}.

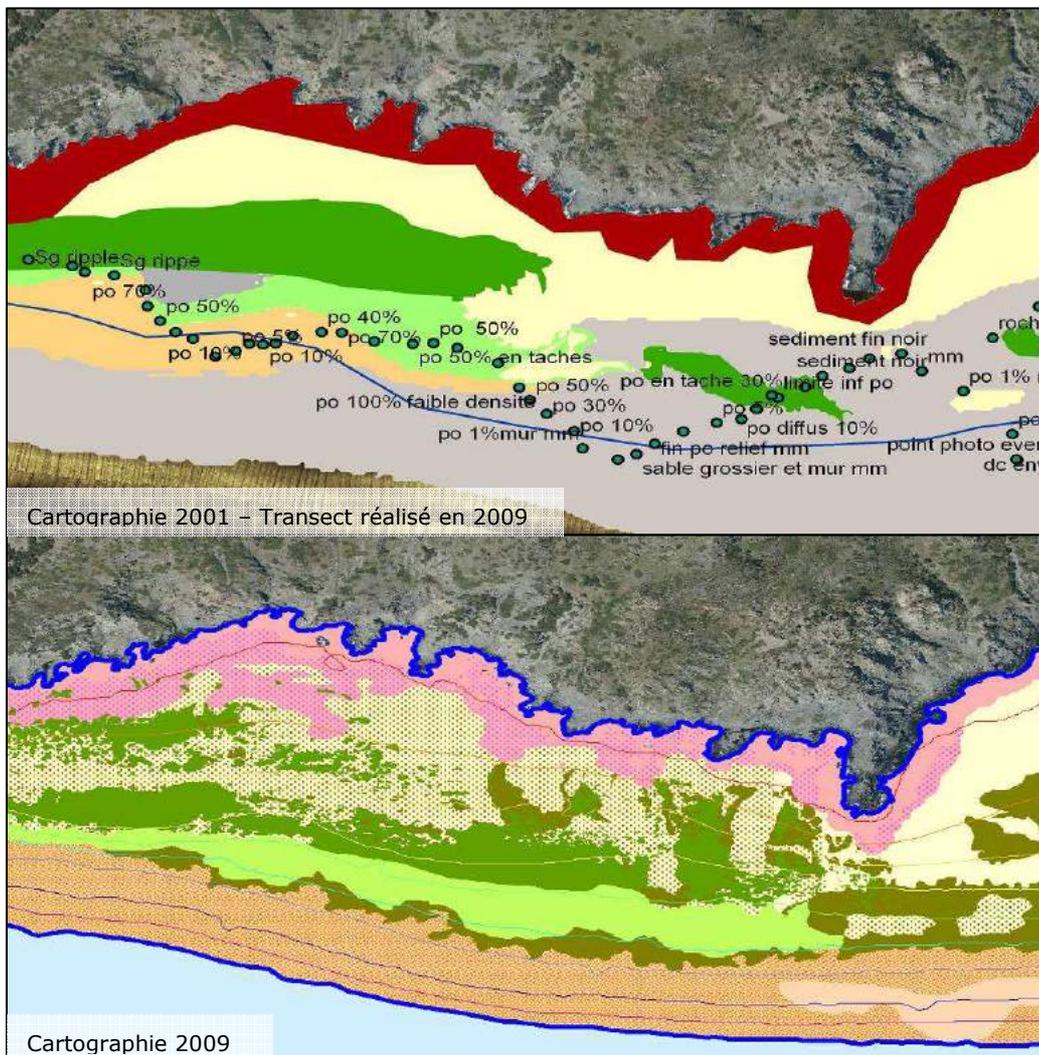


Figure 18 : L'évolution des méthodologies et un effort d'échantillonnage supérieur a permis de préciser notamment les contours de l'herbier et de la matte morte par rapport aux cartes de 2001

La différence de précision entre la cartographie de 2001 et 2009 a posé une difficulté pour l'évaluation de l'évolution des biocénoses marines entre ces deux années. En effet il n'a pas été aisé de différencier les différences entre erreurs de cartographie en 2001 et véritable évolution des biocénoses.

Exemple de l'anse de Fabrégas

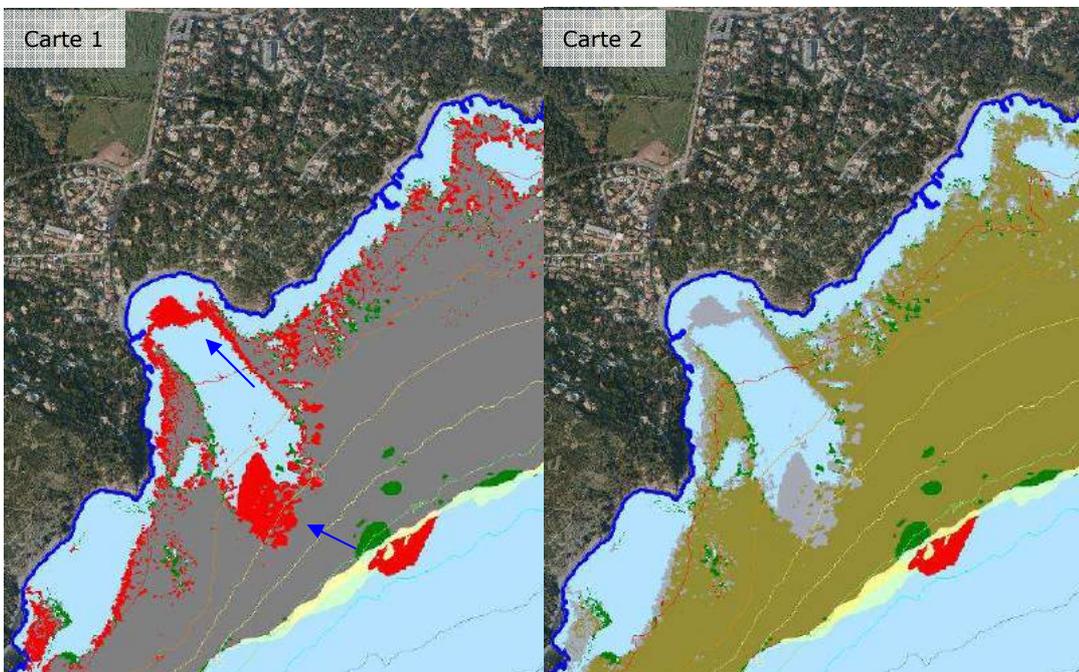
La carte 1 ci-dessous montre l'évolution de l'herbier entre 2001 et 2009 avec en rouge les zones de régression, en gris les zones de stabilité. On observe une zone de régression très importante de l'herbier dans l'anse.

Cependant sur cette zone nos vérités terrains montrent qu'il n'y a pas de présence de matte morte. Or s'il y avait eu une telle régression nous devrions en retrouver la trace sous la forme de matte morte.

De plus l'analyse des photographies aériennes plus anciennes, ici en 1922, montre que l'herbier en limite supérieure a très peu évolué entre 1922 et 2009.



Ce constat fait en différents points, nous avons été amenés à modifier nos cartes d'évolution de l'herbier en intégrant le facteur « présence ou absence de matte morte » pour justifier toute régression. La carte 2 montre ainsi en gris des régressions dites « incertaines » de l'herbier de posidonie car sans présence de matte morte et en marron l'herbier stable. L'herbier en progression est toujours en vert et l'herbier en régression en rouge.



Carte 1 : Evolution des herbiers sans intégration du facteur absence ou présence de matte morte

Carte 2 : Evolution des herbiers en intégrant la présence ou l'absence de matte morte pour justifier de sa régression

III.2. SECTEUR N°1 : LA PETITE RADE ET LA BAIE DU LAZARET

III.2.1. CONTEXTE GENERAL

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, de passagers (services de navettes locaux : 1.2 million de passagers en 2005 ; et ferries : 145 000 passagers en 2005) et dispose d'appontements réservés aux plaisanciers (capacité de 1 300 anneaux) et pêcheurs professionnels. Le 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.

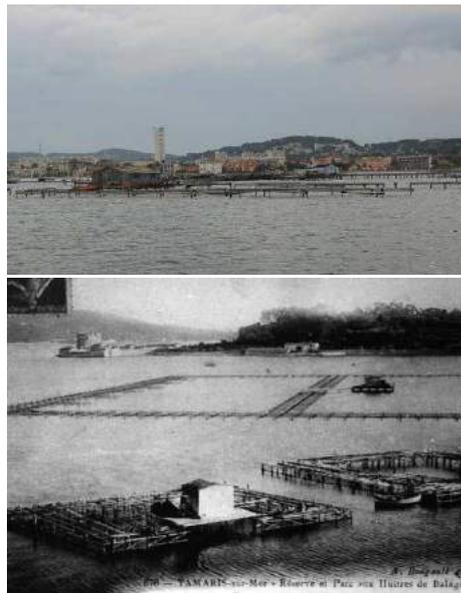


La première vocation de la petite rade est maritime et militaire comme en témoigne l'important trafic des navires en toutes saisons

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 inmanquablement (hors réseaux d'assainissement).

Dans la petite rade, l'activité de pêche reste anecdotique, la majeure partie de l'activité reposant sur l'aquaculture et la mytiliculture en particulier dans la baie du Lazaret. Les premiers essais d'élevage des moules eurent lieu dans la rade de Toulon dès 1860.

En 1877, la Société Malespine obtint une concession dans l'Anse de Brégaillon. Le démarrage décisif ne se fera qu'en 1890, où l'on verra M. René De Jouette, occuper une superficie de 10.000 m² (1 hectare) à Brégaillon et 16.800 m² à Balaguier, sur les 42.612 m² dont disposait la Société commerciale de conchyliculture (élevage des coquillages) laquelle se livrait à la mytiliculture (élevage des moules) et à l'ostréiculture (élevage des huîtres).



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 comprenait une zone ZNIEFF qui s'étendait de la surface à 10 m de profondeur. Cette classification portait 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). Cette ZNIEFF a été déclassée.

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 (darse nord, ponton pétrolier en baie du Lazaret).

III.2.2. CONTEXTE PHYSIQUE

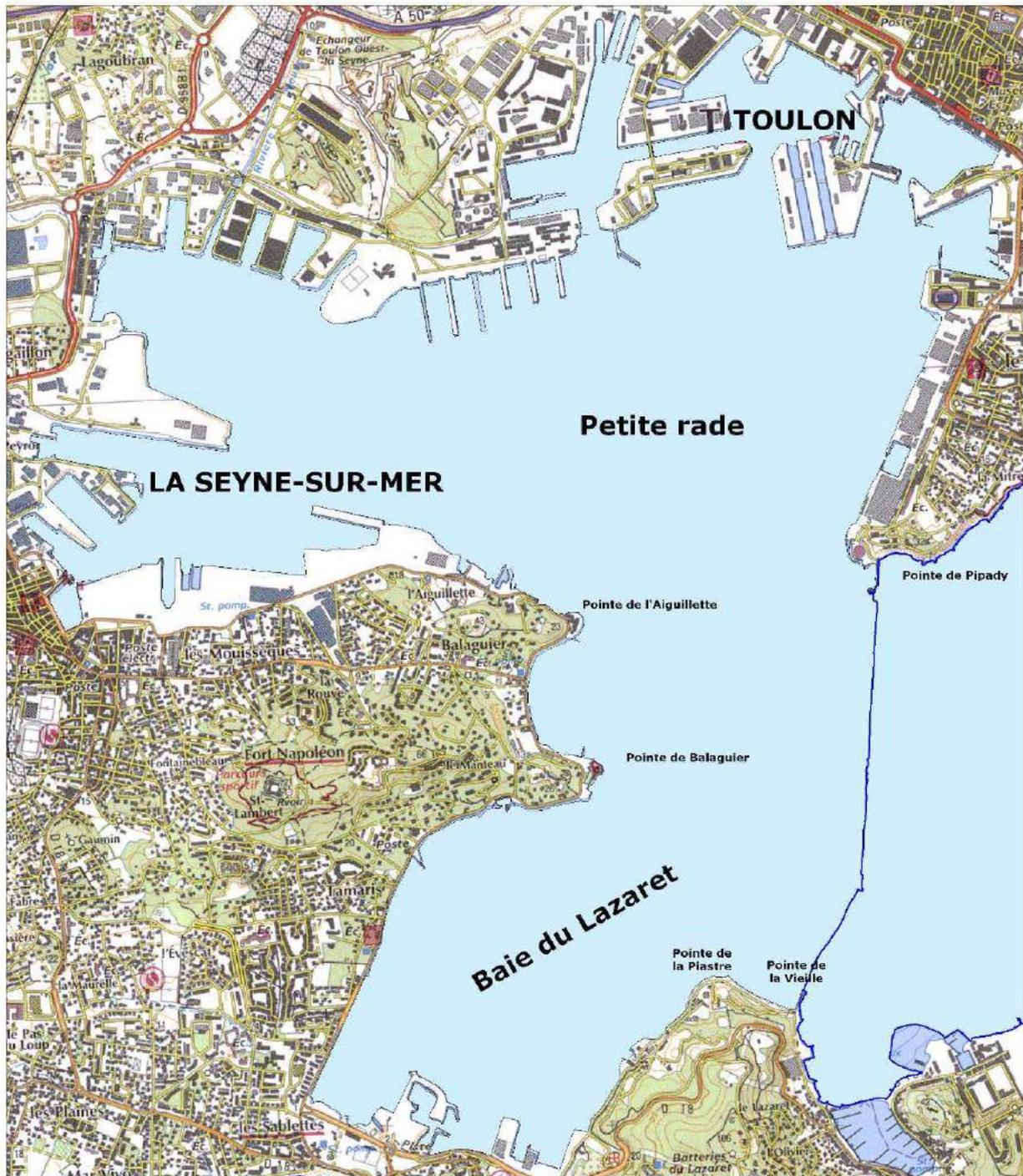
La morphologie littorale de la baie du Lazaret et de la petite rade est étroitement liée aux activités littorales (Verlaque, 1979). Les aires naturelles sont très restreintes et concernent surtout la partie Sud-Ouest, dans la baie du Lazaret. Les aménagements : digues, quais, darses, enrochements, remblais 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 Wurmienne), 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 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 vers les passes où l'hydrodynamisme est plus élevé.



Contrat de baie de la Rade de Toulon
Localisation de la zone d'étude - Secteur 1



Cette carte fait partie intégrante du rapport
 "Etude des milieux marins de la Rade de
 Toulon", Andromède océnologie, 2009

- Sources :
- Contrat de Baie Rade de Toulon : Zone d'étude, 2009
 - IGN Paris : BD TOPO; Scan 25, 2004

Structuration du SIG et mise
 en page : CERCLIS, octobre 2009

III.2.3. CONTEXTE BIOCENOTIQUE

III.2.3.1. LES HERBIERS DE PHANEROGAMES

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).

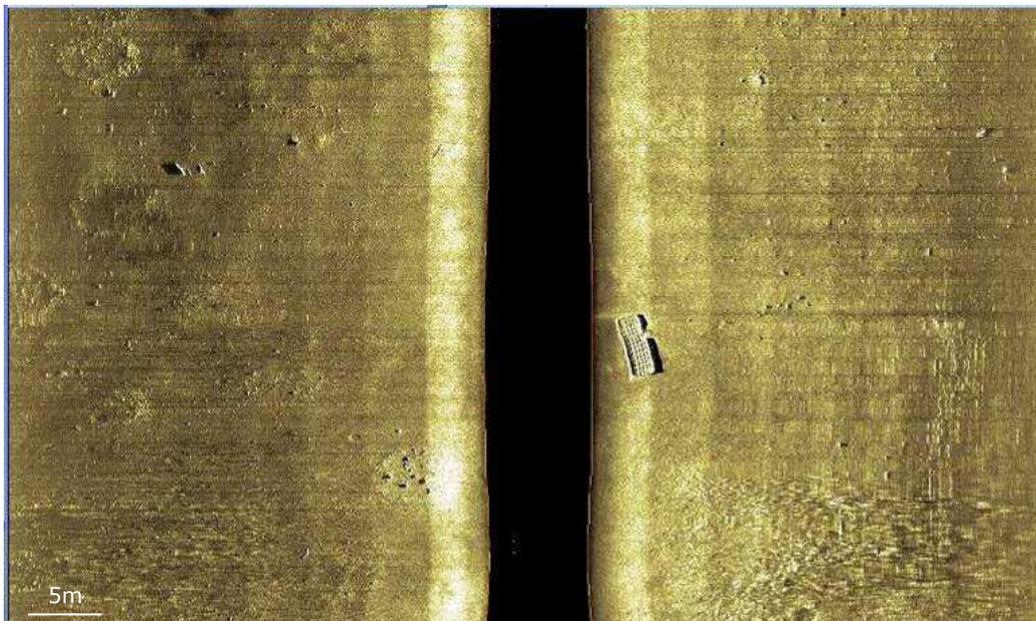
La présence de matte morte d'herbiers à *Posidonia oceanica* dans l'ensemble de la rade abri, petite rade et baie du Lazaret, constitue le dernier témoignage de l'existence de grands herbiers de posidonie, qui auraient disparu à une époque indéterminée.



La petite rade est globalement très envasée, on y observe dans les petits fonds de vastes zones de matte morte dernier témoin de la présence autrefois d'un herbier de posidonie. Cette matte morte est retrouvée jusque la bathymétrie -28m à l'entrée de la petite rade.

De nombreux macrodéchets sont présents dans les petits fonds ; pneus, accumulés des parcs ostréicoles sous forme de tuiles, pieux, chaînes...

Les pieux maintenus verticaux, dangereux pour la navigation ont été retirés récemment dans la baie du Lazaret en 2009 dans le cadre du Contrat de baie

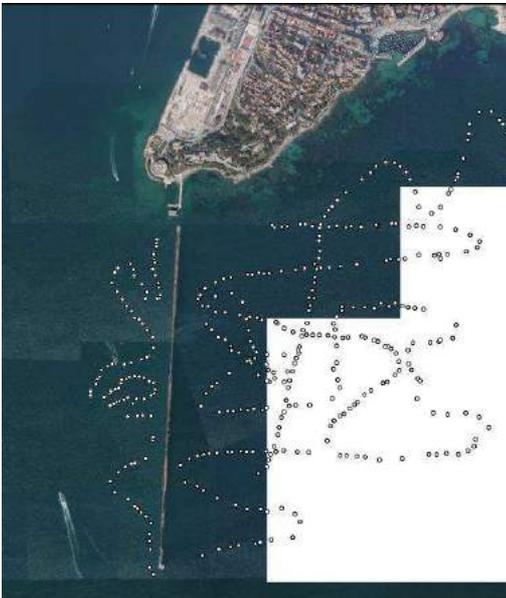


De nombreux macrodéchets sont présents dans la petite rade

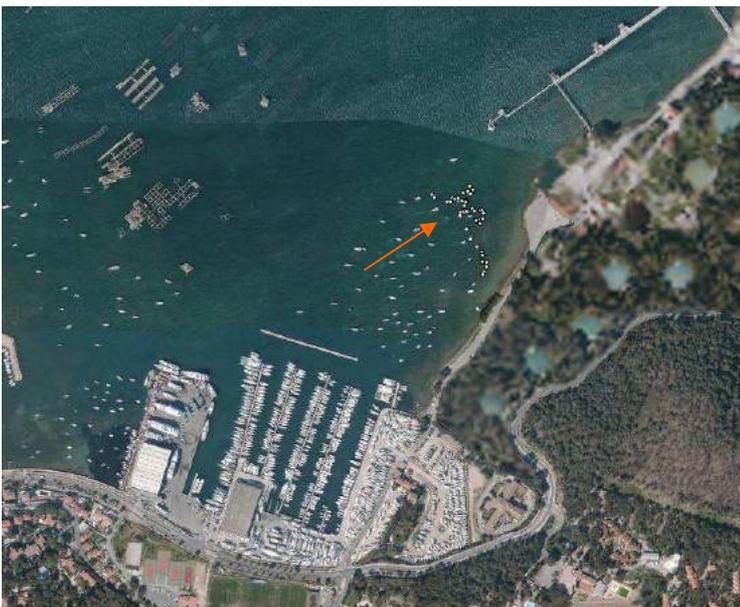
Des îlots vivants de posidonie, signalés jusqu'en 1979 (Verlaque) n'avaient pas été retrouvés lors de la précédente étude en 2001. De même, les zones de matte morte signalées jusqu'en 1980 (Jeudy de Grissac & Tiné) n'ont pas été retrouvées (les fonds sont régulièrement remaniés par les dragages ce qui conduit à la dégradation des mattes).

Nous avons été amenés à rechercher des herbiers de posidonie sur le côté Ouest de la grande digue, suite à des témoignages de présence de feuilles à la remontée d'ancre. Nous avons ainsi réalisé deux transects sur ce secteur entre -5m et -20m. Les fonds y sont très envasés et bien que la matte morte soit toujours présente nous n'avons pas observé d'herbier de posidonie vivant. En revanche, de nombreuses feuilles de posidonie en épave sont présentes en provenance du Mourillon, ce qui explique à notre avis les témoignages recueillis.

Des plongées ponctuelles ont également été réalisées en baie du lazaret vers -5m de profondeur nous n'y avons observé qu'un vaste plateau de matte morte.

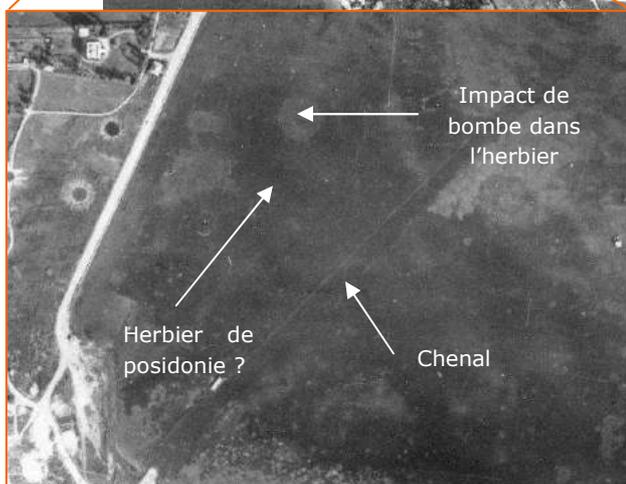


Transects réalisés de part et d'autre de la grande digue.



Plongées effectuées en baie du Lazaret.

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.



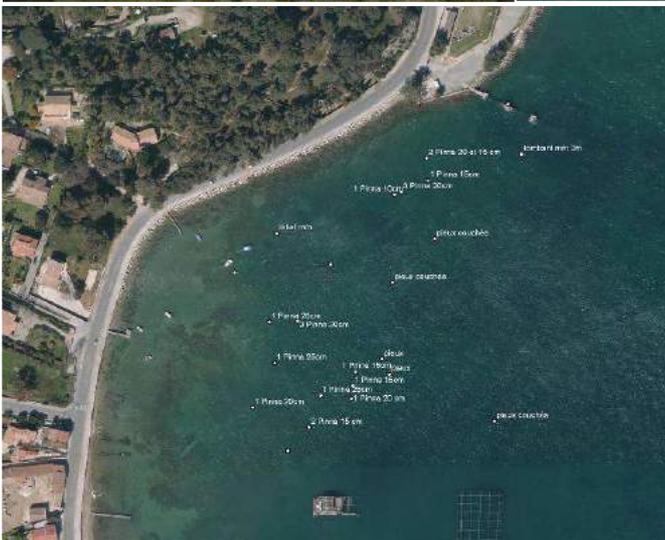
L'analyse de la photographie aérienne de 1944 sur la baie du Lazaret met en évidence les changements importants effectués sur le littoral, lequel a été remblayé en fond de baie sur une large partie. Malgré la pollution par hydrocarbure visible en surface en cette période de guerre, le chenal est bien visible, on le retrouve en 2006. On remarque surtout dans les petits fonds la présence de ce qui semble être un herbier de posidonie. On y observe de larges trous occasionnés par les bombardements.



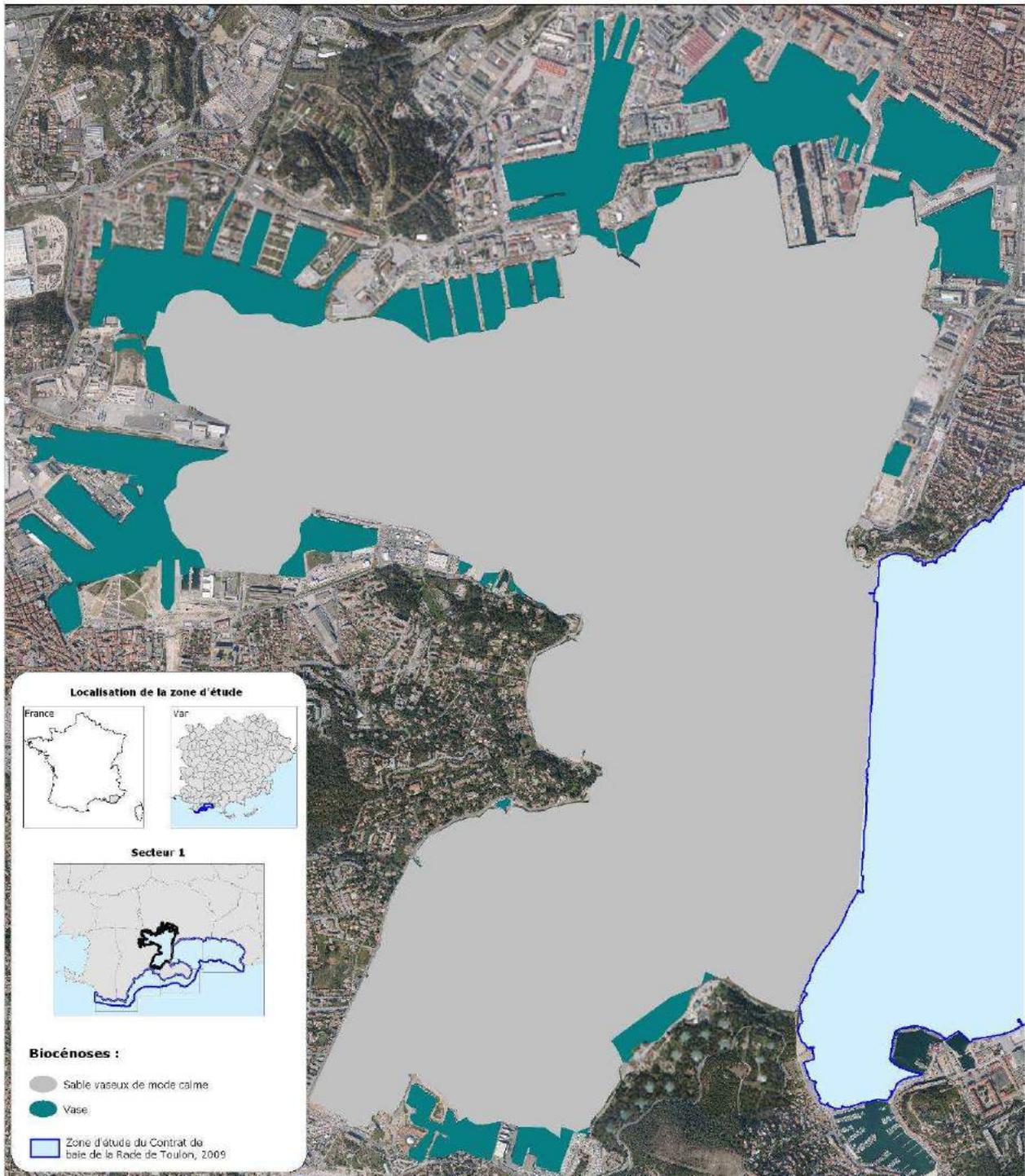
L'espèce *Cymodocea nodosa*, essentiellement méditerranéenne, est par sa fréquence et l'étendue de ses peuplements, la deuxième espèce de phanérogame marine de Méditerranée (Molinier & Picard, 1952). Cette espèce forme des herbiers, de préférence en mode calme, et supporte mieux que *Posidonia oceanica* 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 lacs de rhizomes en cours d'érosion sont toutefois visibles, surélevées par rapport au substrat. Ces lacs de rhizomes sont particulièrement fréquents dans le fond de baie du Lazaret, de 1.5 m de profondeur jusqu'aux enrochements de la côte.

Les colonies de *Zostera marina* sont très localisées et ponctuelles dans la baie du Lazaret. Cette espèce ne constitue pas des herbiers étendus comme 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.



Suite à un signalement au sud de la pointe de l'Eguillette, nous avons mis en évidence dans une zone de matte morte entre -6m et -1m la présence d'une vingtaine de nacre *Pinna nobilis*. A l'aide d'un scooter et d'un GPS sous-marin nous avons pu effectuer le relevé, sur cette zone, de chaque nacre et donner son indication de taille.



Localisation de la zone d'étude

France

Var

Secteur 1

Biocénoses :

- Sable vaseux de mode calme
- Vase
- Zone d'étude du Contrat de baie de la Rade de Toulon, 2009

Tableau de synthèse des biocénoses du secteur 1

Biocénoses	Surfaces (ha)	Surfaces en %
Sables vaseux de mode calme	191,29	19,28%
Vase	800,67	80,72%

0 160 320 800 m

Echelle : 1 / 16 000



Cette carte fait partie intégrante du rapport 'Etude des milieux marins de la Rade de Toulon', Andromède océanologie, 2009.

Elle a été réalisée à partir de :

- BD Ortho de l'IGN, 2006
- Des données collectées dans le cadre de l'étude des biocénoses de la Rade de Toulon réalisée par le GIS Posidonies en 2001.

Projection conique conforme, Lambert III sud
Ellipsoïde Clarke 1880

Sources :

- GIS Posidonies : Biocénoses marines, 2001
- IGN Paris : BD ORTHO, 2006

Structuration du SIG et mise en page : CBRGIS, août 2009



III.2.3.2. PRESENCE DES CAULERPALES

Une première station de *C. taxifolia* de 1 000 m² a été cartographiée en 2000 (Meinesz *et al.*, 2001) et une seconde station a été identifiée à proximité de la première et dans les parages immédiats des parcs à moules, dans le cadre de l'étude diagnostique (Ifremer Toulon / laboratoire côtier), avec une surface couverte relevée de l'ordre de 2 000 m² en 2001.

III.2.3.3. LES PETITS FONDS ROCHEUX

Le linéaire côtier de la petite rade et de la baie du Lazaret est fortement artificialisé. Les substrats durs de la rade abri, limités au trait 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 dominant du fait de la forte pression de pêche à la ligne depuis le bord.



Figure 19 : Le linéaire côtier de la petite rade et de la baie du Lazaret est fortement artificialisé

III.2.4. CONTEXTE QUALITE DU MILIEU

III.2.4.1. PEUPELEMENTS DU MEDIOLITTORAL ET DE LA FRANGE SUPERIEURE DE L'INFRALITTORAL

Trois observations ponctuelles des peuplements du médiolittoral avaient été effectuées en 2001 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 de Tamaris. Seule *Corallina elongata* avait été observée en faible densité sur les enrochements de Tamaris ; les Ulves et les Entéromorphes étaient présentes 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*.

III.2.5. EVOLUTION DES BIOCENOSES

Depuis la fin des années 1980, les derniers îlots reliques de *Posidonia oceanica* ont disparu. 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.

En 2001, il était fait état de la présence d'herbiers de Cymodocées et de Zostères dans le fond de baie du Lazaret sans que leur extension puisse être évaluée de façon précise en raison de leur faible développement. En 2009, nous n'avons pas retrouvé ces herbiers malgré des investigations spécifiques en plongée.

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).

III.3. SECTEUR N° 2 : RADE DES VIGNETTES, DE LA MITRE AU CAP BRUN, B.A.N. ET POINTE DES PETITS FRERES

III.3.1. CONTEXTE GENERAL

Ce secteur est bordé par les communes de Toulon au Nord et de Saint Mandrier au Sud.

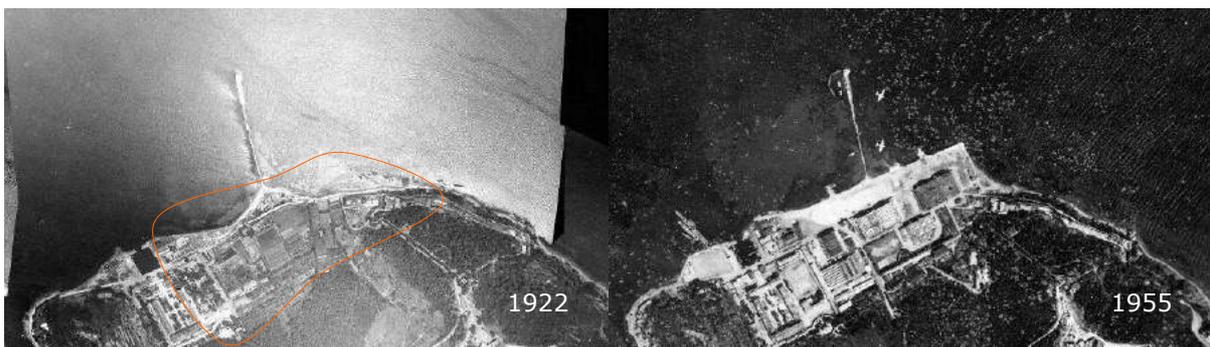


La vocation urbaine, industrielle et militaire de la Ville de Toulon a nécessité la création de nombreux aménagements côtiers. Dans la rade des Vignettes, la mise en valeur du littoral du Mourillon, initiée en 1964, a abouti à la mise en place de 41 ha d'aménagements, dont 22 ha gagnés directement sur l'herbier de posidonie (Astier, 1984).

Evolution entre 1922 et 2005 du littoral du Mourillon.

Si les aménagements ont détruit par recouvrement l'herbier de posidonie on peut remarquer que les anciennes limites de l'herbier peuvent encore être retrouvées contre les aménagements et à l'intérieur des anses du Mourillon.

Sur la face Nord de la presqu'île de St Mandrier, le port de plaisance et les terres pleines de la Base Aéronautique Navale représentent près de 31 ha d'aménagements côtiers.



Evolution entre 1922 et 1955 de la Base Aéronautique Navale. Détail de l'emprise des aménagements sur le milieu marin.

Sur la photographie aérienne de 1955 il semble qu'on puisse distinguer à l'Ouest de la digue les limites d'un herbier de posidonie, nos investigations en 2009 ont montré que cette vaste zone est essentiellement de la matte morte envasée, colonisée par des algues Caulerpales.

Le port de plaisance du fort St-Louis a une capacité de 293 anneaux, dont une dizaine sont occupés par des embarcations de pêche. Cette partie de la grande rade de Toulon est soumise à une importante activité anthropique : transport maritime, activité portuaire, activité militaire.

La pêche aux petits métiers (Gangui 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.) du parc d'activités marines et du port abri du Cannier sont des zones militaires à accès réglementé.

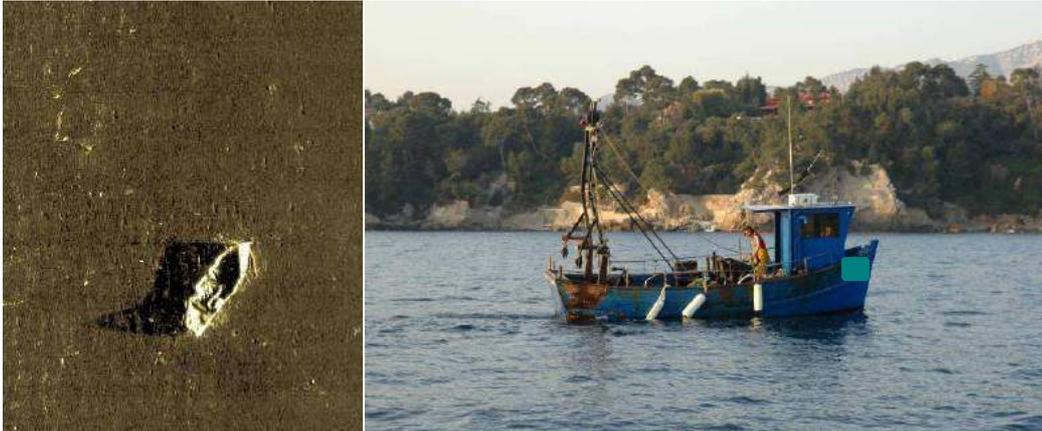


Image sonar d'un bateau de pêche au gangui coulé dans la rade.

L'activité de pêche avec ces arts traînants est importante sur ce secteur de la zone d'étude et n'est pas sans impacts sur les fonds marins. Il a été fréquent de les observer très proches de la côte à quelques dizaines de mètres des digues dans l'herbier de posidonie. Celui-ci étant fragilisé par un envasement important, la pêche au gangui est une pression parmi d'autres et qui contribue à sa destruction.

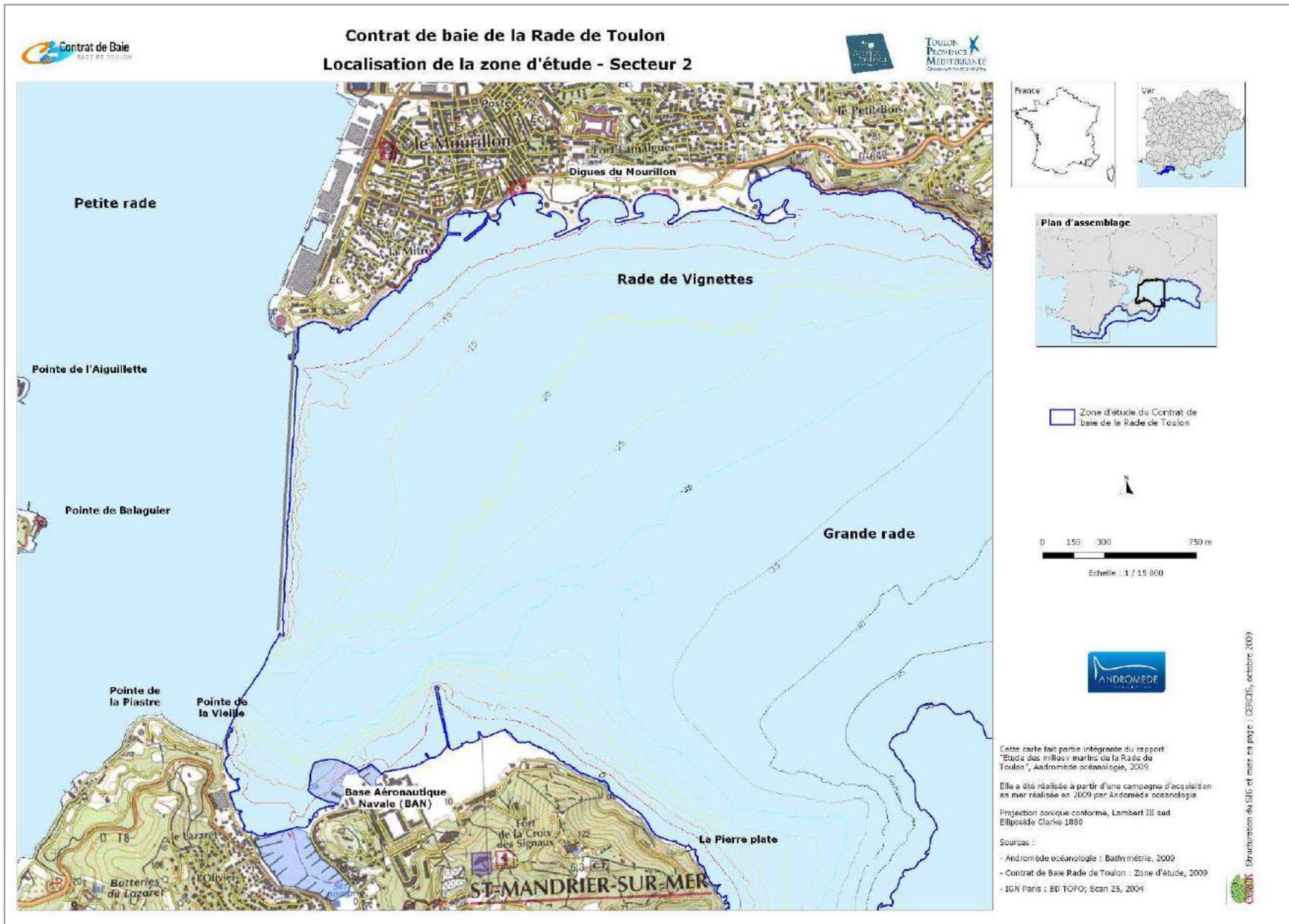
Ce secteur contient une portion de la ZNIEFF N°83-007-000 intitulée : « Du Mourillon à la pointe de Carqueiranne (Herbier de Posidonies) ».

III.3.2. 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 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 Gênes. 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).



III.3.3. CONTEXTE BIOCENOTIQUE

III.3.3.1. LES HERBIERS DE PHANEROGAMES



L'herbier de Posidonie est présent sur l'ensemble de la Rade des Vignettes, on le retrouve jusque la bathymétrie - 25m à l'Est de la zone, à l'Ouest sa limite se situe plutôt entre - 10m et -15m. La structure de cet herbier est complexe et variée : herbier de colline (présentant un fort relief), nombreuses 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.

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 marqué par l'hydrodynamisme. Malgré les importants aménagements sur ce secteur les limites supérieures de l'herbier semblent stables. Il 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 20-25 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).

Un point de suivi par télémétrie acoustique a été mis en place sur ce secteur (face aux plages du Mourillon), il devrait permettre de mieux connaître la dynamique locale de l'herbier. 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 à l'Est de la grande digue est très morcelé difficile à cartographier car bien souvent de faible vitalité et présent seulement en petits îlots épars dont la limite ne dépend pas de la profondeur. La matte morte est apparente mais souvent recouverte par des graviers et sables grossiers dans les fonds de 10m. Plus en profondeur la matte s'envase et d'importantes zones de caulerpes principalement *racemosa* colonisent le milieu.



A l'Est de la grande digue l'herbier est très morcelé, ses limites ne dépendent plus de la bathymétrie. De nombreux macro déchets sont observés sur cette zone. Dominée par un vaste plateau de matte morte colonisé localement par *C. taxifolia*, dès -15m les fonds deviennent plus vaseux. On peut cependant observer entre -10m et -20m des îlots épars qui restent de bonne vitalité.



Image sonar mettant en évidence les traces de mouillage

L'herbier sur ce secteur est fortement impacté par le mouillage de gros navires mais également par la pêche aux arts traînant du type gangui. Ces impacts sont bien visibles dans cet herbier déjà fragilisé par l'envasement. On observe ainsi de grandes lignes sur plus d'1km hachurant l'herbier et contribuant à son morcellement en arrachant les rhizomes.

Si la limite de l'herbier est située vers la bathymétrie -15m on retrouve de la matte morte jusque la bathymétrie -30m.



En dehors des zones artificialisées, dans les petits fonds de la rade des Vignettes l'herbier a une limite supérieure très haute qui se développe aussi bien sur du sable fin ou en placage sur des roches à algues photophiles. L'herbier au contact des aménagements du Mourillon semble stable. Il peut être observé une formation en récif barrière au niveau de la 4^{ème} anse du Mourillon.



L'herbier de posidonie est présent également à l'Est de la digue de la B.A.N., il s'étend jusqu'à la pointe des Petits Frères, de 2-3 m à -20 m de profondeur, sans dépasser 5-6 m au droit de la pointe des Petits Frères. L'herbier, morcelé dans ce secteur, forme une tache principale 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 (60-90 %) au centre de la tache principale. L'herbier reste toutefois peu développé et tend à se morceler plus vers l'Est jusqu'à ne former plus qu'un vaste plateau de matre morte s'alternant avec des bancs de sable.

Au niveau du lieu dit « La pierre plate », plus au Sud, on retrouve à nouveau un herbier de posidonie dont la limite supérieure est en placage sur la roche. La limite inférieure est peu profonde (-10m à -15m), à ce niveau l'herbier est morcelé et présente les traces d'un important épisode régressif. L'analyse des photographies aériennes montre cependant une stabilité de cet herbier depuis 1999.

Entre la BAN et le site de la « Pierre plate » quelques îlots d'herbiers sont encore présents dans les très petits fonds vers -5m de profondeur.

On retrouve plus généralement des affleurements de matre morte sur du sable grossier.





L'herbier le plus à l'Ouest de la zone d'étude est situé à l'entrée de la petite rade, à l'Est de la pointe de la vieille. Entouré de matte morte dont la limite bien que très envasée est située vers 25m, cet herbier forme quelques tâches de bonne vitalité jusque la bathymétrie -10m.

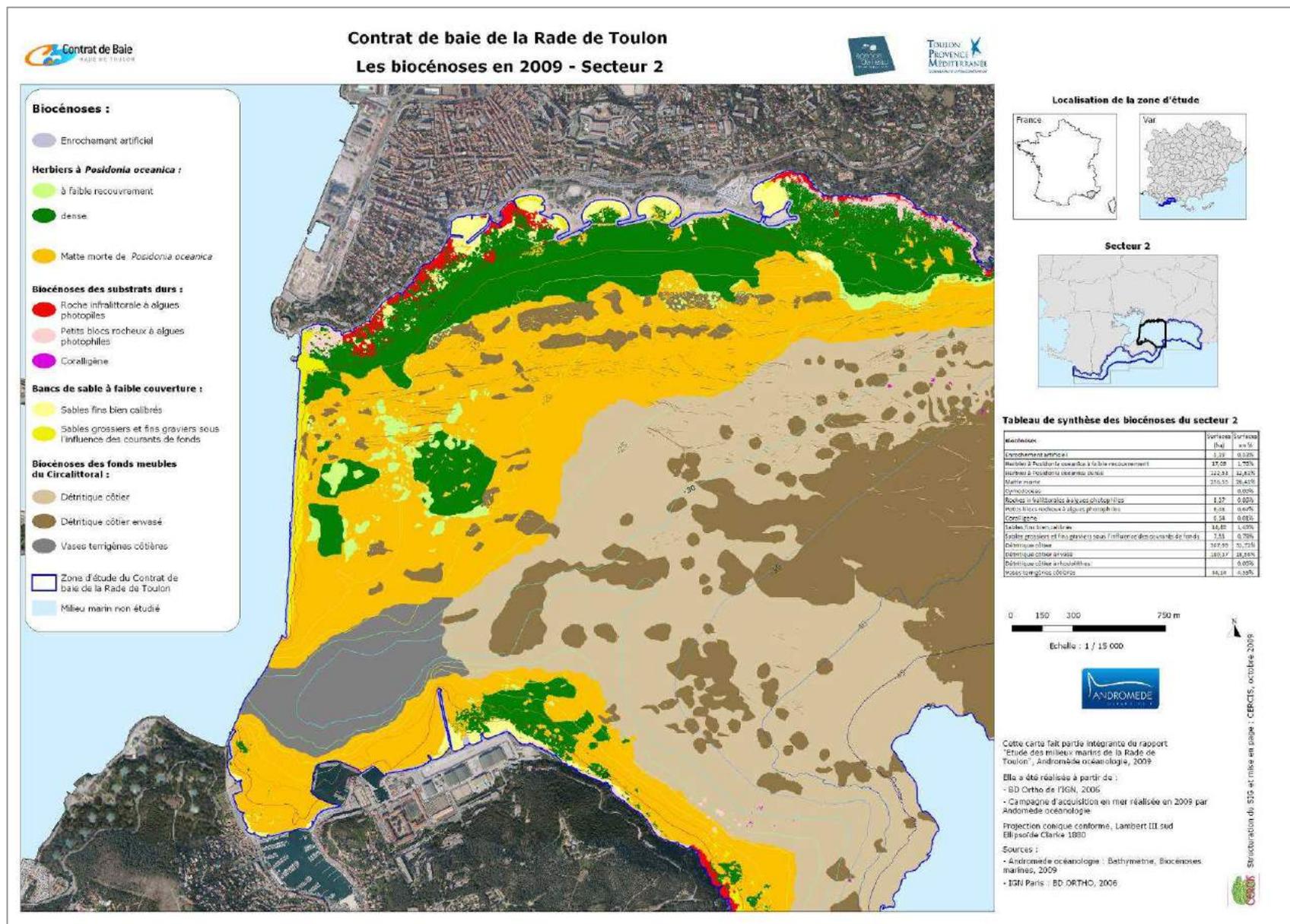
III.3.3.2. LES PETITS FONDS ROCHEUX



Les petits fonds rocheux restent très artificialisés sur ce secteur et sont pour la plupart formés par des éboulis. Les algues photophiles y sont peu développées. Les enrochements forment des cavités et des petites failles pouvant être propices à l'installation de peuplements de diverses espèces de poissons, ceux-ci n'ont cependant pas été observés.

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 Cannier et les 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.

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 le 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, on peut y voir l'impact d'une importante pression de pêche à la ligne et de pêche sous-marine.



III.3.3.3. COLONISATION PAR *C. TAXIFOLIA* ET *C. RACEMOSA*

Caulerpa taxifolia

L'algue tropicale *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. Les signalisations se sont succédées alors, concernant de nouvelles petites colonies, jusqu'en 1996 où une première campagne de vidéo tractée (CALIFA 1996, IFREMER) a mis 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 côte

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 au Pradet, 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 tout type de substrats : roche, sable fin, vase, détritique côtier, on la trouve également au cœur de l'herbier de posidonie.



La présente étude (2009), contrairement aux campagnes CALIFA, n'avait pas pour objectif spécifique la cartographie des caulerpales qui sont difficilement détectables au sonar latéral et dont le développement est saisonnier.

Néanmoins nos observations confirment la présence diffuse de *Caulerpa taxifolia* sur les petits fonds dans tout le secteur.



Figure 20 : capture vidéo de *C. taxifolia* face au Mourillon (décembre 2008).

Caulerpa racemosa

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 distances 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'agissait 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* présentait une très importante densité de surface. Son implantation était comprise entre 10-12 m de profondeur à 35 m.

Nos observations en 2009 confirment la présence de *C. racemosa* dans la grande rade de manière éparse, principalement entre 15 et 25m entre la grande digue et la plage de Monaco.

III.3.4. CONTEXTE QUALITE DU MILIEU

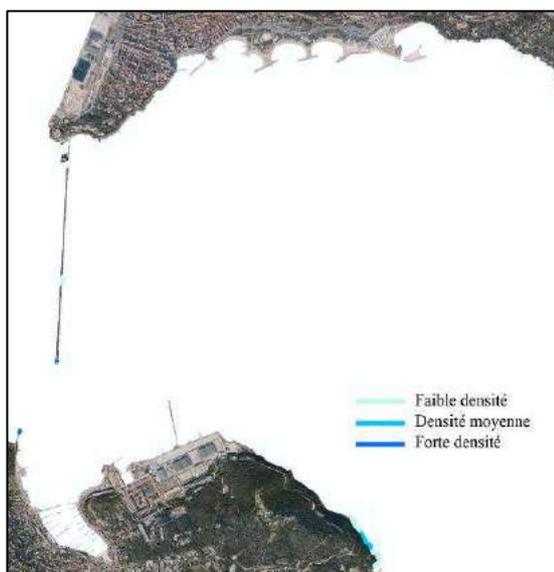
III.3.4.1. PEUPELEMENTS DU MEDIOLITTORAL ET DE LA FRANGE SUPERIEURE DE L'INFRALITTORAL

Sur les 14,2km de côte de la zone 2, 4,9% du médiolittoral est recouvert de *Cystoseira amentacea*, 45,3% est recouvert d'Ulves et 0,7% est recouvert de *Lithophyllum byssoïdes* de type I.

Zone 2		Classes d'abondance				Présence
Espèce	Distance	0	1	2	3	1+2+3
LITHO I	en m	14145	100	0	0	100
LITHO I	en %	99,3	0,7	0,0	0,0	0,7
LITHO II	en m	14245	0	0	0	0
LITHO II	en %	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ULVA	en m	7795	5200	900	350	6450
ULVA	en %	54,7	36,5	6,3	2,5	45,3
CYSTO	en m	13545	450	150	100	700
CYSTO	en %	95,1	3,2	1,1	0,7	4,9

Distance et pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea*, de *Lithophyllum byssoïdes* (types I et II), et des Ulves sur le secteur 2.

Cystoseira amentacea (Chromobiontes, Fucales, Cystoseiracées).



Cystoseira amentacea est présente sur seulement 700m de côte soit 4,9% de la zone 2. On la retrouve en faible et moyenne densités à l'est de Saint Mandrier, sur la grande digue et à l'ouest du cap Brun. Elle est présente très ponctuellement en forte densité de part et d'autre de la passe entre la Grande et la Petite Rade.

Répartition des classes d'abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 2

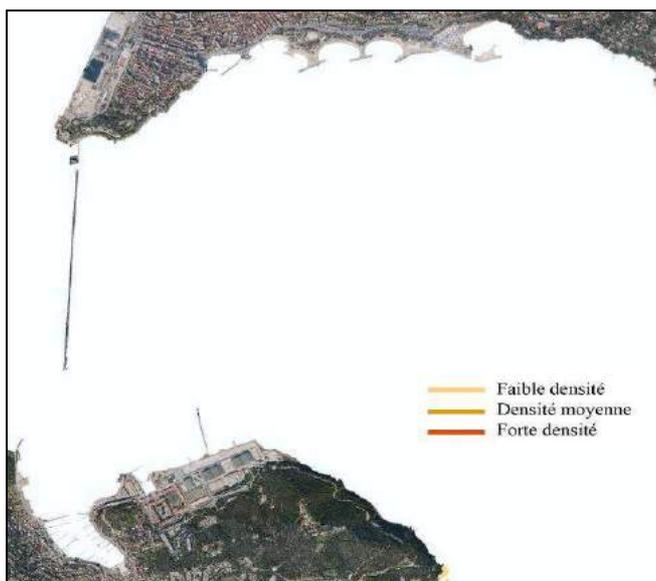
Si l'on compare ces données avec celles de 2001, on note une légère diminution de l'abondance de *Cystoseira amentacea* sur la zone 2 (7,7% de la zone 2 en 2001 et 4,9% en 2009).

En 2001, une large zone entre le port de Saint Mandrier et la pointe de la Vieille était recouverte d'une forte densité de *Cystoseira amentacea*. En 2009, nous ne l'avons observée que sur l'extrémité de la pointe de la Vieille en forte densité.

Zone 2			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
CYSTO	0	92,3	95,1
CYSTO	1	1,1	3,2
CYSTO	2	0,0	1,1
CYSTO	3	6,6	0,7
CYSTO	1+2+3	7,7	4,9

Pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 2 en 2001 et 2009.

Lithophyllum byssoides (anciennement *L. lichenoides*),



L. byssoides est quasiment absente du secteur 2. On retrouve uniquement une petite portion de 100m recouverte de *Lithophyllum byssoides* de type I au niveau de la pointe du Puits.

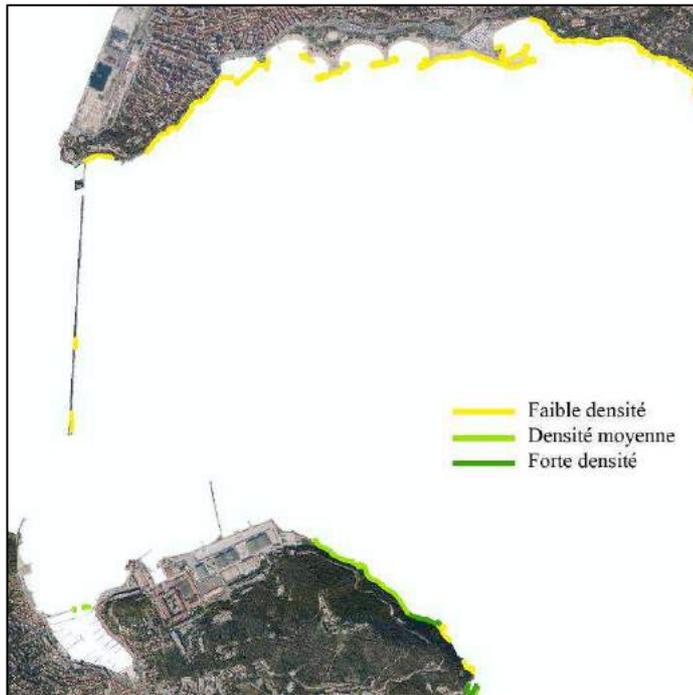
Carte X : répartition des classes d'abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* sur le secteur 2

Comme en 2001, la présence de *Lithophyllum byssoides* sur la zone 2 est très faible. (2% de la zone 2 en 2001 et 0,7% en 2009)

Zone 2			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
LITHO I	0	98,0	99,3
LITHO I	1	1,3	0,7
LITHO I	2	0,0	0,0
LITHO I	3	0,7	0,0
LITHO I	1+2+3	2,0	0,7

Pourcentage de recouvrement des peuplements de *Lithophyllum byssoides* sur le secteur 2 en 2001 et 2009.

- **Ulvales**, algues vertes (Chlorobiontes).



Les ulves sont largement représentées sur le secteur 2 avec plus de 6,4km de côte soit 45,3% de la zone 2. On les retrouve principalement en faible densité au nord de la zone (de la pointe de Pipady au cap Brun). Elles sont présentes en moyenne et forte densités sur la face nord de la presqu'île de Saint Mandrier.

Répartition des classes d'abondance des peuplements d'Ulves sur le secteur 2

On note une très forte augmentation de l'abondance d'ulves sur le secteur 2 passant de 1% en 2001 à plus de 45% de la zone 2 en 2009.

Zone 2			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
ULVA	0	99,0	54,7
ULVA	1	1,0	36,5
ULVA	2	0,0	6,3
ULVA	3	0,0	2,5
ULVA	1+2+3	1,0	45,3

Pourcentage de recouvrement des peuplements d'ulves sur le secteur 2 en 2001 et 2009.

**III.3.4.2. SUIVI PAR TELEMETRIE
ACOUSTIQUE**

Lieu	Herbier face aux plages du Mourillon
Latitude	43°6'122 N
Longitude	5°56'477 E
Morphologie générale de l'herbier	Herbier discontinu en mosaïque
Type de limite	Limite inférieure régressive
Profondeur	17,1m
Présence de structures érosives	Intermattes de sable et de matte
Type de substrat	Matte morte
Proportion de rhizomes plagiotropes	0%

Etat de vitalité de l'herbier de Posidonie

Quadrat N°	Profondeur (m)	Nbre faisceaux 0,04m2	Nbre Faisceaux 1m2	Déchaussement (cm)
1	17	4	100	5
2	17	6	150	3
3	16,8	4	100	3
4	17	6	150	3
5	16,7	8	200	3
6	16,8	6	150	10
7	16,9	6	150	5
8	17	3	75	3
9	17	6	150	3
10	17	8	200	3
11	17	3	75	3
12	16,9	3	75	3
13	16,8	6	150	5
14	16,8	9	225	5
15	16,7	7	175	5
16	16,5	6	150	5
17	16,5	9	225	5
18	16,5	3	75	3
19	16,5	6	150	10
20	16,6	5	125	10
21	16,4	7	175	10
22	16,2	5	125	5
23	16,4	4	100	3
24	16,7	6	150	3
25	16,6	1	25	3

26	16,7	6	150	5
27	16,8	8	200	3
28	16,9	2	50	5
29	17	4	100	10
30	17,1	6	150	3
31	17,1	3	75	5
32	17,1	4	100	3
33	16,9	4	100	3
34	17	6	150	10
35	16,8	3	75	5
36	16,8	3	75	5
37	16,8	4	100	10
38	16,8	6	150	10
39	17	7	175	5
40	17	7	175	5
41	17	5	125	3
42	17,1	8	200	3
Moyenne		5,30952381	132,7380952	5,047619048

- Densité

Parmi les 42 relevés effectués au niveau de la zone, les valeurs de densité de l'herbier de Posidonie s'échelonnent de 25 à 225 faisceaux/m², la densité moyenne sur l'ensemble des relevés s'élève à 132,7 faisceaux/m².

D'après le modèle de classification des densités présenté dans PERGENT & al. (1995), la densité moyenne de faisceaux obtenue sur l'ensemble des relevés est identifiée comme densité sub-normale inférieure.

- Taux de recouvrement

Le recouvrement moyen de l'herbier de Posidonie estimé au niveau du balisage installé s'élève à 50%. Le recouvrement présente des valeurs moyennes et hétérogènes suivant le système de classification de Réseau de Surveillance Posidonie (CHARBONNEL & al., 2000).

L'herbier en limite inférieure présente donc un recouvrement moyen.

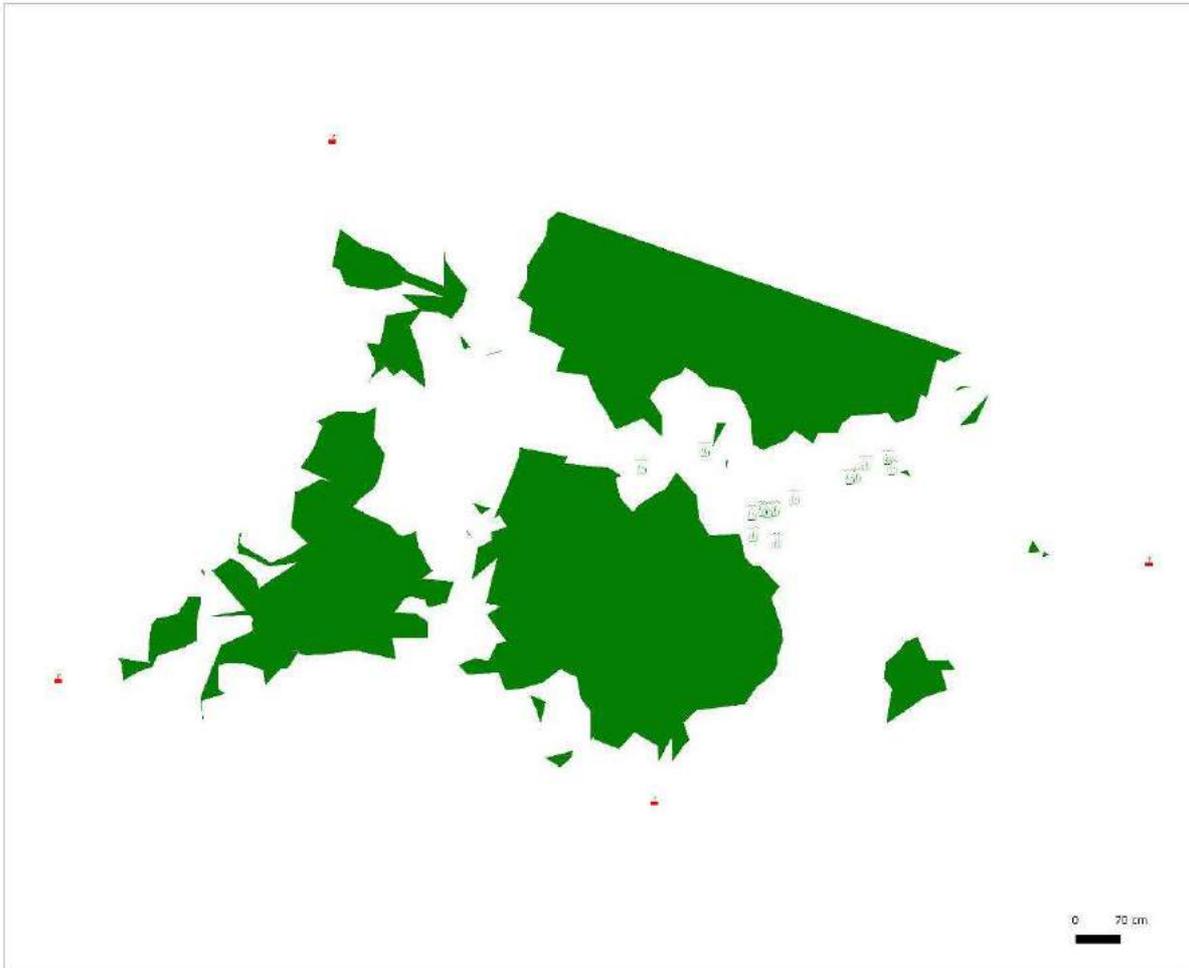
- Déchaussement

Parmi les 42 relevés effectués, les valeurs de déchaussement des rhizomes évoluent de 3 à 10 cm. Les valeurs sont toutes positives dénotant un déchaussement. Le déchaussement moyen atteint 5,0 cm. Suivant la classification adoptée par le Réseau de Surveillance Posidonie (CHARBONNEL & al., 2000), le déchaussement est moyen.

En conclusion, l'herbier en limite inférieure présente une densité sub-normale inférieure avec un taux moyen de recouvrement moyen et un déchaussement moyen.



Contrat de baie de la Rade de Toulon
Herbiers de posidonie cartographiés par télémétrie acoustique
Point de suivi Mourillon



- Piquets
- Taches de posidonies
- Posidonies éparées
- Site Natura 2000 Cap Sicié - Six Fours, FR9301610



Cette carte fait partie intégrante du rapport
 "Etude des milieux marins de la Rade de
 Toulon", Andromède océanologie, 2009

Structurée et mise en page : CERIAS, octobre 2009



III.3.5. EVOLUTION DES BIOCENOSES

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, goudrons, peintures) dans les matériaux de remblai et dans les eaux de la rivière Eygoutier.

Entre le creux St Georges et le cap Cépet, 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 a longtemps 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. En 2009 nous l'avons cartographiée également à la profondeur de 20m comme en 2001. On peut donc penser que la limite de l'herbier s'est stabilisée sur ce cap.

La limite inférieure de l'herbier de posidonie a été suivie par plongée (Charbonnel *et al.*, 1996). La comparaison avec les relevés sonar de la campagne 2000, montre une très forte similitude. La conclusion en 2001 était que l'extension de l'herbier en limite inférieure est stabilisée depuis les cinq dernières années dans la rade des Vignettes. Toutefois, à l'échelle de la représentation cartographique (1: 10 000) et selon les méthodes de cartographie en plongée en 1996, seules des variations de forte amplitudes pouvaient 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. La comparaison des cartes aériennes actuelles avec les précédentes jusqu'en 1922 semblent également indiquer une tendance à la stabilité de la limite supérieure malgré les aménagements réalisés depuis. La question peut

alors se poser de l'utilisation de l'herbier de posidonie comme bioindicateur en limite supérieure. Il ne nous semble pas nécessaire d'envisager des propositions de suivi sur cette limite comme il l'avait été proposé en 2001.

Evolution des herbiers de posidonie entre 2001 et 2009 – Secteur 2	Surface (ha)	Surface (%)
Progression des posidonies denses	20,6	11,02
Posidonies éparses devenues denses	4,8	2,57
Progression des posidonies éparses	10,88	5,82
Régression des posidonies denses	28,22	15,09
Régression des posidonies éparses	7,79	4,17
Posidonies denses devenues éparses	5,73	3,06
Régression incertaine des posidonies	8,23	4,41
Posidonies denses stables	103,6	55,42
Posidonies éparses stables	5,33	2,85

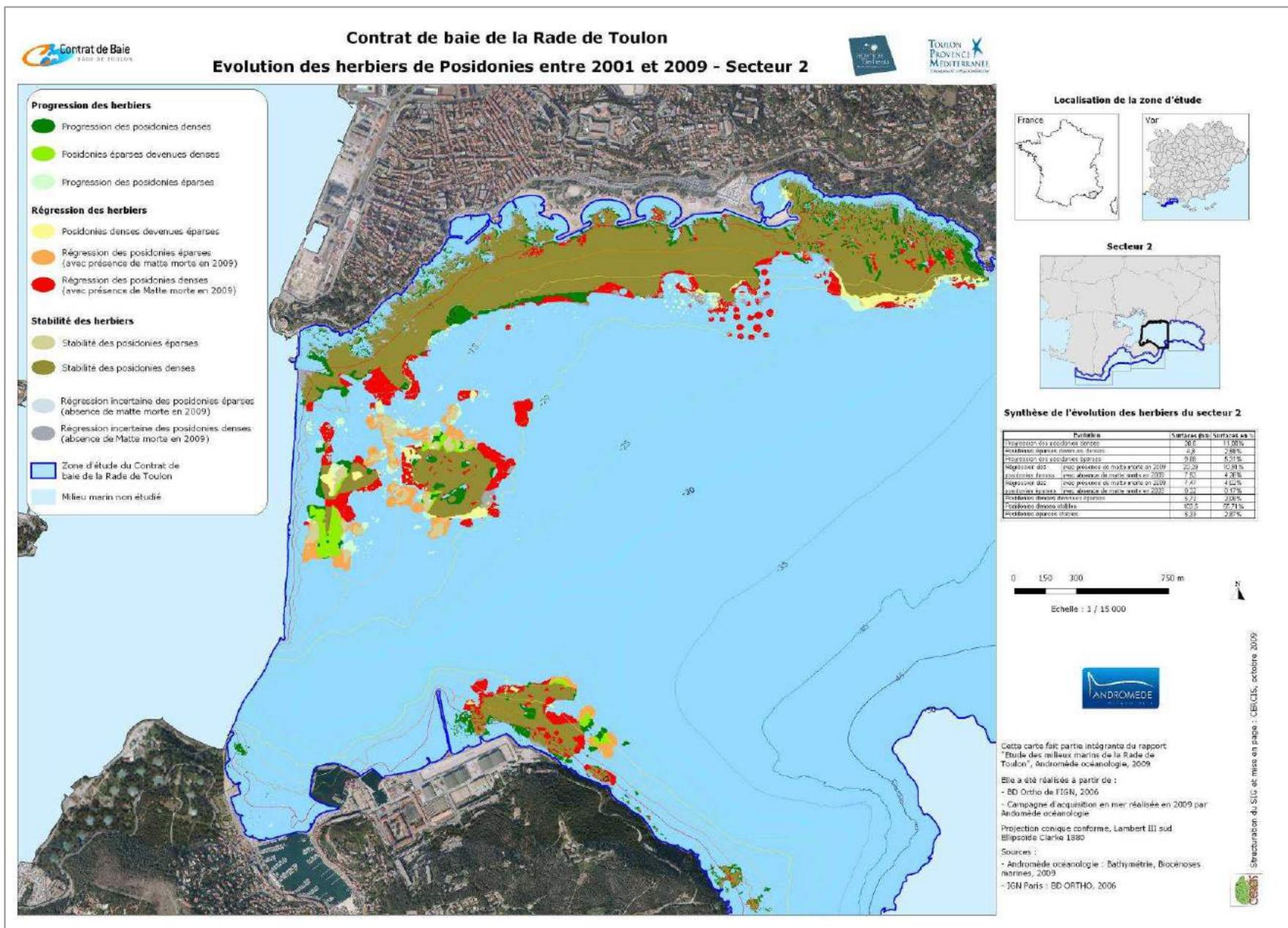
L'évolution depuis 2001 montre un herbier stable à 58,27%, en progression de 19,41% avec cependant une régression de sa surface de 22,32 %.

On observe également une régression dite incertaine des herbiers de posidonie estimée à 4,41%. Ce sont des zones de régression sur lesquelles nous n'avons pas observé de matte morte.

Ces chiffres confirment les observations de terrain. L'herbier sur l'ensemble de ce secteur semble être en légère régression au niveau de sa limite inférieure. Les pressions sur l'herbier sont importantes dans cette interface entre la grande et la petite rade. L'impact de la pêche au gangui n'est pas à négliger sur les petits fonds entre -10m et -20m déjà fragilisés par l'envasement.



Dans les petits fonds du Mourillon on peut observer le nombre important de traînées faites par la pêche aux arts traïnants, lesquels contribuent à la fragilisation de l'herbier de posidonie et donc à la diminution de la ressource.



III.4. SECTEUR N°3 : BAIE DE LA GARONNE AU CAP DE CARQUEIRANNE

III.4.1. CONTEXTE GENERAL

Ce secteur est bordé par les communes de Toulon et de la Garde au Nord et du Pradet à l'Est. 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 est occupée 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.

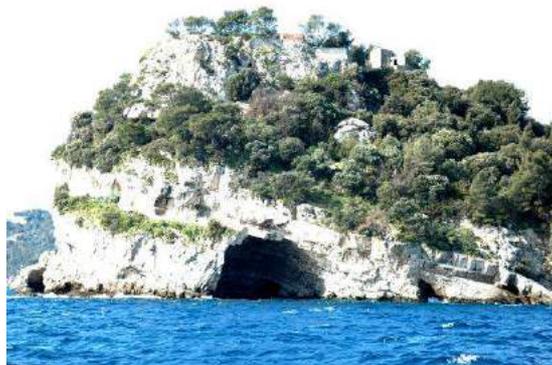
Les activités balnéaires concernent de nombreuses plages du secteur : plages du Pin de Galle, de Monaco, de la Garonne, des Oursinières, etc.



Dans ce secteur, l'émissaire urbain de Ste Marguerite rejette en mer, à près de 50 m de profondeur, les effluents de la station d'épuration du Pouverel (AmphorA). 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. 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 (by-pass) vers le milieu naturel. Ce secteur contient une portion de la ZNIEFF N°83-007-000 intitulée : « Du Mourillon à la pointe de Carqueiranne (Herbier de Posidonies) ».

III.4.2. 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.



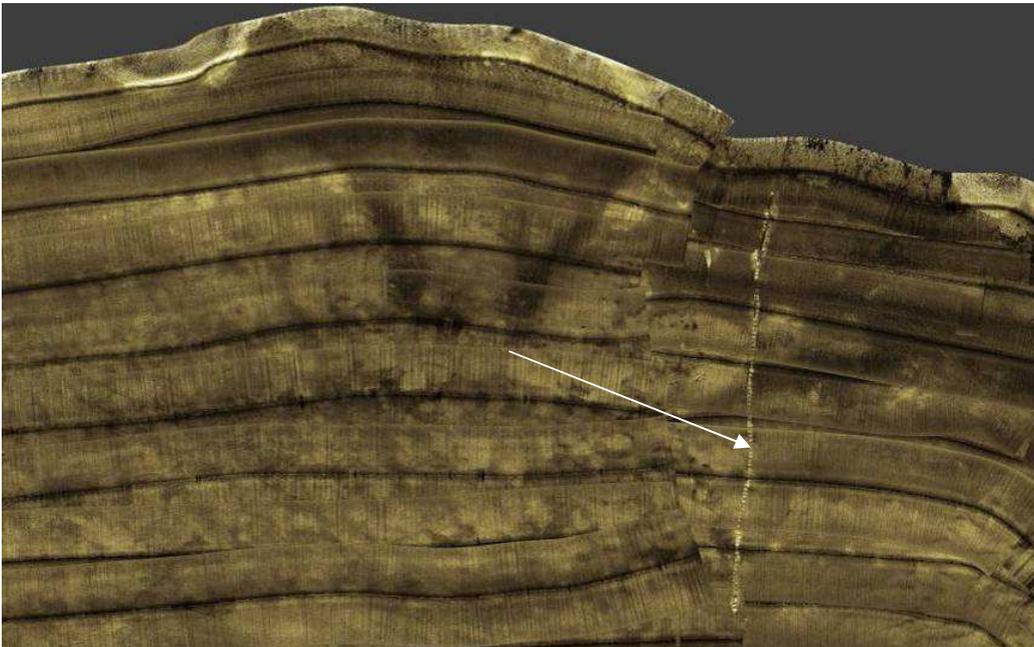
Ce secteur est caractérisé par un littoral rocheux peu artificialisé. Ici la grotte de la pointe Ste Margueritte

La côte du cap Brun au cap de Carqueiranne est exposée aux houles d'Ouest (régime de Mistral) et d'Est Sud-Est.

Les rejets issus de l'Eygoutier à l'Ouest de la pointe Ste Marguerite impactent localement les biocénoses. La forte présence d'Ulves au débouché montre un apport conséquent en matières organiques nuisible à l'herbier et aux assemblages du médiolittoral méditerranéen.

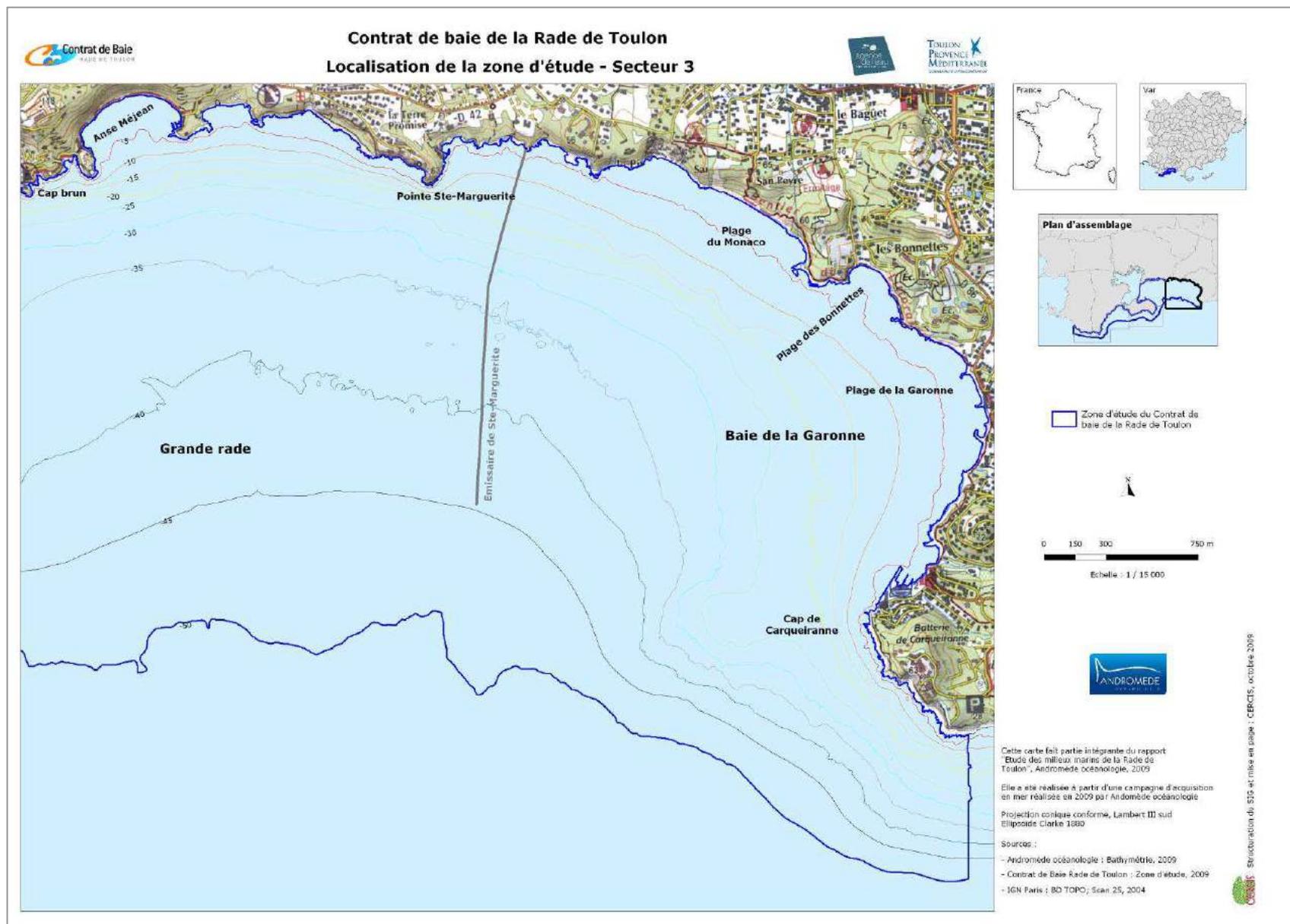


Du cap Brun au cap de Carqueiranne, la pente des fonds est relativement uniforme et douce jusqu'à l'isobathe 50 m. Elle se resserre sur la façade Sud du massif du Pradet, à l'Est du cap de Carqueiranne. En milieu ouvert, comme c'est le cas pour ce secteur de la grande rade, l'envasement augmente avec la profondeur suite à la diminution des actions hydrodynamiques. Les fortes valeurs d'envasement observées dans l'axe de la pointe Ste Marguerite ont trois origines : la présence du débouché de l'émissaire qui apporte au milieu une surcharge en éléments fins, la présence également de l'Eygoutier 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.



Mosaïque sonar du Cap Brun aux Bonnettes

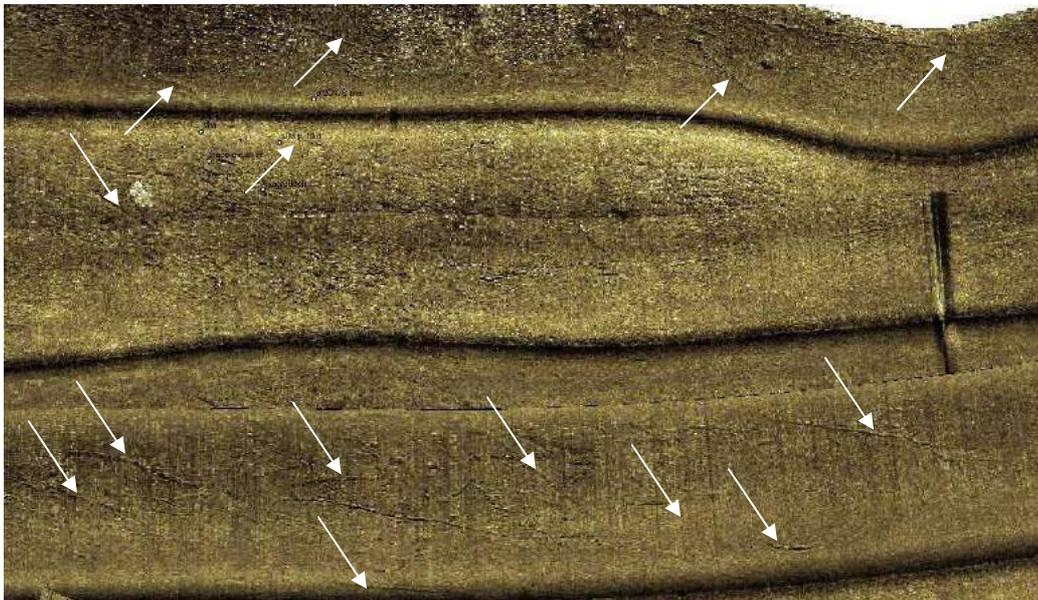
On visualise bien l'émissaire de Ste Marguerite qui apparaît en clair au sonar. Plus les tâches sont sombres plus le milieu est envasé. On remarque alors que contrairement à ce qu'on pourrait envisager ce n'est pas au débouché de l'émissaire que le milieu est envasé mais plutôt en fond de rade à l'Ouest de la pointe Ste Marguerite au niveau de la limite avec l'herbier de Posidonie.



III.4.3. CONTEXTE BIOCENOTIQUE

III.4.3.1. 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, est colonisée 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 33 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 effluents 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 matre, vraisemblablement liées au passage des engins de pêche traînants (ganguis) qui pratiquent encore intensivement dans le secteur.



Mosaïque sonar

Si les grandes lignes noires qui traversent la mosaïque sonar de gauche à droite sont liées à la zone d'ombre sous le sonar, en revanche les autres traces observées sont principalement liées aux passages du gangui dans l'herbier de posidonie, ici à proximité de la côte dans des fonds inférieurs (moins profonds) à -13m. Comme nous l'avons observé, et contrairement à ce qui peut être avancé, le gangui arrache l'herbier de posidonie sur son passage en particulier sur ces zones d'herbier morcelé.



Zoom sur les biocénoses observées dans la baie de la Garonne

On observe un front d'envasement sur ce secteur ainsi qu'une nette régression des herbiers de posidonie, comme en témoigne le plateau de matte morte entre les isobathes -25m et -35m. L'herbier est cependant moins impacté que dans l'Ouest de la rade à partir de l'isobathe -15m.



La limite de l'herbier dans l'anse de la Garonne est située vers - 23m. Les fonds sont de moins en moins envasés vers le cap de Carqueiranne.

Plus en profondeur on retrouve des dunes de matte morte jusque -33m.

L'herbier est sous forme de taches éparses de plus en plus denses vers les petits fonds. La matte forme des reliefs ainsi que des murs de 50cm à 2m de haut.

De nombreux juvéniles de girelles et de labridés ont été observés dans l'herbier.



A l'Est de la pointe Ste Marguerite se rejette la surverse de l'Eygoutier (flèche). On peut observer que l'herbier qui est juste à son débouché ainsi que plus à l'Ouest a sensiblement régressé.

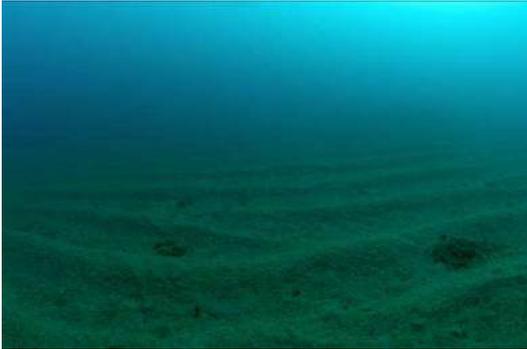
La limite supérieure de l'herbier de posidonie reste très fragmentaire jusqu'aux Oursinières. Très localement en placage sur la roche, au niveau des pointes rocheuses (cap Brun, face Est de la pointe Ste Marguerite, pointe de la Garonne), l'herbier s'interrompt au droit des anses (Méjean, Magaud, San Peyre) 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 matre 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. 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 23 m de profondeur. Les fonds jusqu'à - 33 m sont majoritairement constitués de matre morte recouverte de sédiment, témoignage d'un épisode de régression de l'herbier qui est cependant moins important en direction du cap de Carqueiranne. La limite inférieure est localisée entre 25 et 30 m de profondeur, l'herbier est très fragmenté et présente un recouvrement inférieur à 20%.



L'herbier à l'Ouest du cap Carqueiranne est très fragmenté au niveau de sa limite inférieure. Il devient de plus en plus dense dans les petits fonds.

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 régression passée de l'herbier en profondeur, vraisemblablement lié aux aménagements sur le littoral.



L'herbier du cap Carqueiranne bien que soumis à un fort hydrodynamisme est présent dès -6m en placage sur la roche. Les algues photophiles y sont également bien représentées avec des peuplements diversifiés dès la pointe du cap.

III.4.3.2. 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.

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*).

Les petits fonds rocheux sont 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 rocheuses, 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 à détailler ... (Francour *et al.*, 1997). Nos observations en 2009 vont également dans ce sens.



A proximité des roches à algues photophiles bien développées sur l'Est du cap Carqueiranne on retrouve des zones de galet témoignant de l'hydrodynamisme important sur ce secteur.

III.4.3.3. LE DETRITIQUE COTIER



Le détritique côtier de la grande rade de Toulon, jusque l'isobathe des -50m, ne présente pas un envasement si important au regard des caractéristiques d'une rade avec des fonds en pente douce. On peut même y observer le développement de grandes éponges comme ici *Spongia officinalis* (1) et *Dysidea avara* (2) ou de la gorgone verruqueuse *Eunicella verrucosa* (espèce remarquable). Plus marginaux mais également bien présents dans la rade : des obus (4).



Sur ce vaste espace de détritique côtier qui couvre jusque l'isobathe des -50m une surface de plus de 650 ha de nombreux macrodéchets peuvent y être observés.



Débouché de l'émissaire de Ste Marguerite.

A notre première plongée sur l'émissaire nous avons pu observer une faune importante à son débouché comme ce homard (*Homarus gammarus*) de belle taille et ces nombreuses rascasses (*Scorpaena notata*). Une grosse mostelle (*Physis physis*) était également présente à proximité. A notre seconde plongée le homard n'a pas été observé.

L'émissaire dans sa dernière portion semble en bon état il est stabilisé sur le fond par de nombreux cailloux (ballast) qui le recouvre entièrement



Dans le bleu l'apport de l'émissaire concentre des poissons comme ici un banc de sérioles (*Seriola dumerilii*). Il n'est pas rare d'observer des filets de pêche à proximité.

III.4.3.4. LE CORALLIGÈNE



Au large de la pointe Carqueiranne à partir de l'isobathe -30m on observe des affleurements rocheux avec formation à Coralligène (2). Ces affleurements forment en certains endroits des tombants d'environ 2m mais plus généralement ils sont sous la forme d'épis rocheux orientés Est-Ouest (1). On y retrouve des espèces remarquables comme l'oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*) (3), la langouste (*Palinurus elephas*) la gorgone orange (*Eunicella cavolinii*) ou la gorgone blanche (*Eunicella singularis*), de nombreuses éponges typiques du coralligène ainsi que des algues brunes principalement du genre *Sargassum*.

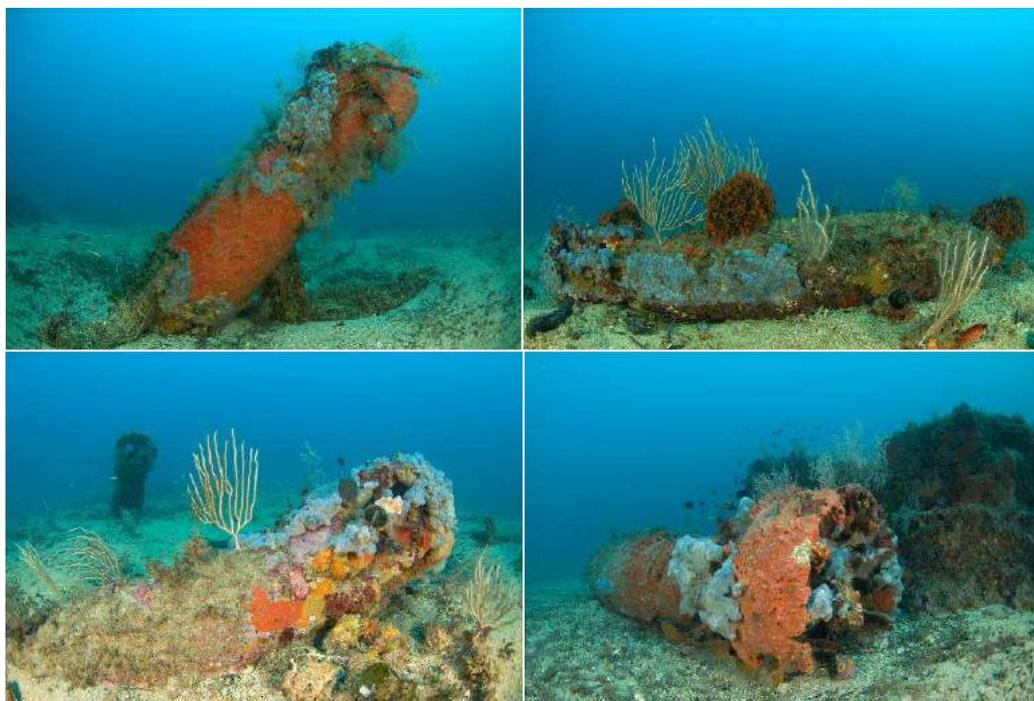


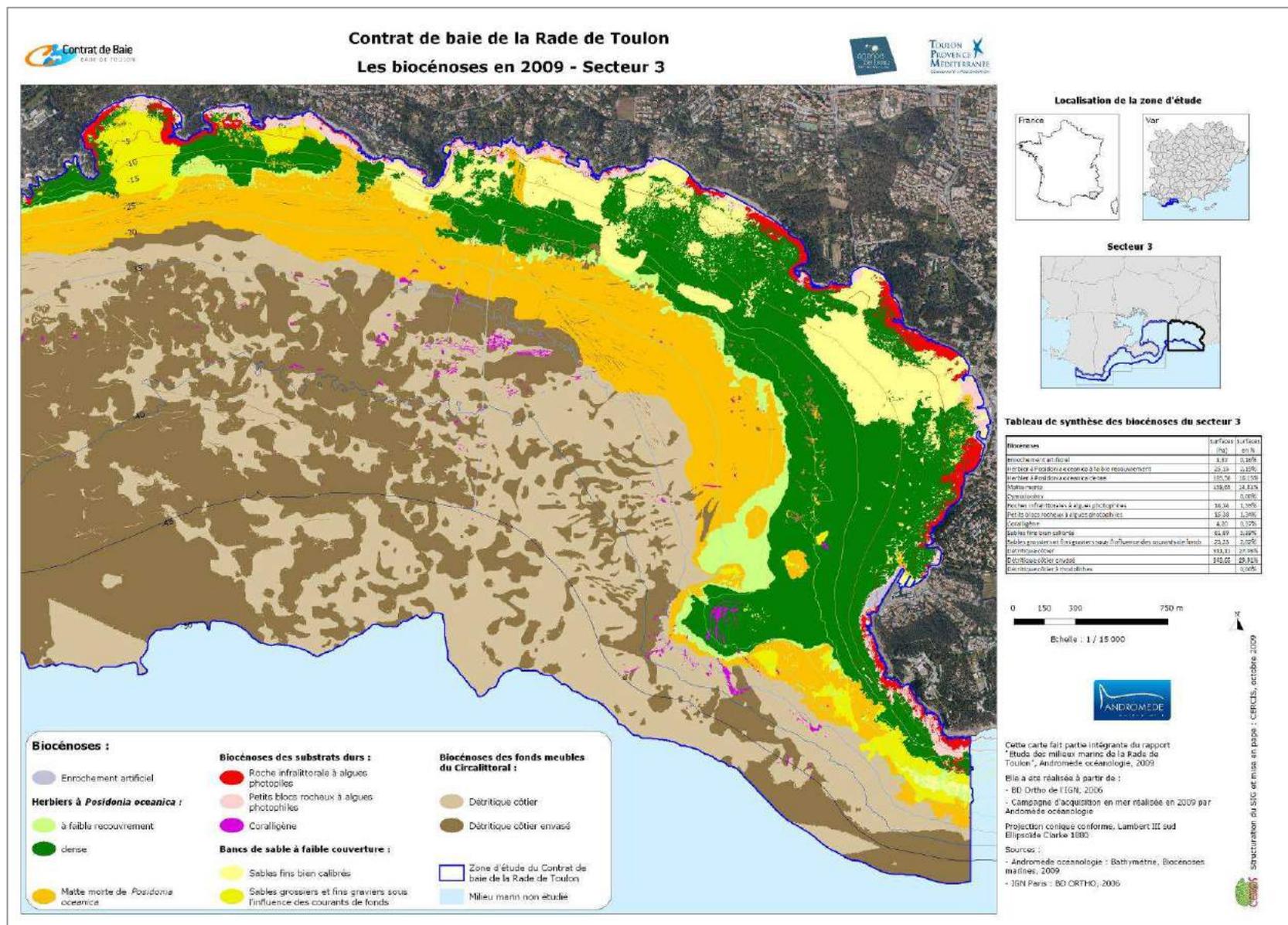
Les formations du coralligène sont bien développées avec ses algues encroûtantes telles que *Mesophyllum lichenoides* ou encore les éponges *Spongia officinalis*, *Agelas oroides*, *Guancha lacunosa*, *Axinella polypoides*, *Chondrosia reniformis*, *Crambe crambe*, *phorbis tenacior*.



A proximité du coralligène dans des fonds de -30m à -38m nous avons localisé une zone où sont présents une vingtaine d'obus de forte taille (2m), du même type, lesquels sont déposés ou plantés dans le détritique côtier mettant à jour en certains endroit la matte morte.

Ces obus sont bien colonisés. Des petites murènes en font leur habitat. Nous avons remarqué sur deux de ces obus des filets abandonnés.





**III.4.3.5. COLONISATION PAR LES ALGUES
TROPICALES C. TAXIFOLIA ET C.
RACEMOSA**

La présente étude (2009), contrairement aux campagnes CALIFA, n'avait pas pour objectif spécifique la cartographie des caulerpales qui sont difficilement détectables au sonar latéral et dont le développement est saisonnier.

Sur le secteur 3 les deux caulerpes sont présentes mais n'étaient pas abondantes lors de la campagne de vérité terrain.

Néanmoins nos observations en 2009 confirment la présence de *C. racemosa* et *C. Taxifolia* sur le secteur de manière éparse, principalement entre 15 et 25m, de son extrémité ouest à la plage de Monaco.



Figure 21 : fronde de *Caulerpa taxifolia*

III.4.4. CONTEXTE QUALITE DU MILIEU

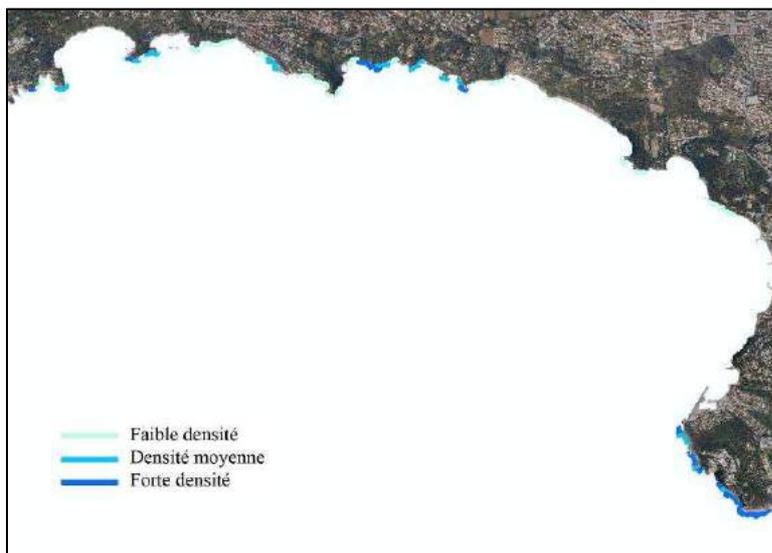
III.4.4.1. MEDIOLITTORAL

Sur les 15,2km de côte de la zone 3, 27,4% du médiolittoral est recouvert de *Cystoseira amentacea*, 7,3% est recouvert d'Ulves et 4% est recouvert de *Lithophyllum byssoides* de type I.

Zone 3		Classes d'abondance				Présence
Espèce	Distance	0	1	2	3	1+2+3
LITHO I	en m	14571	300	300	0	600
LITHO I	en %	96,0	2,0	2,0	0,0	4,0
LITHO II	en m	15171	0	0	0	0
LITHO II	en %	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ULVA	en m	14071	350	550	200	1100
ULVA	en %	92,7	2,3	3,6	1,3	7,3
CYSTO	en m	11021	1750	950	1450	4150
CYSTO	en %	72,6	11,5	6,3	9,6	27,4

Distance et pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea*, de *Lithophyllum byssoides* (types I et II), et des Ulves sur le secteur 3.

- ***Cystoseira amentacea*** (Chromobiontes, Fucales, Cystoseiracées).



Cystoseira amentacea est présente sur plus de 4km de côte soit 27,4% de la zone 3. On la retrouve sur presque toutes les façades rocheuses du littoral de la zone 3. Elle est présente en faible et moyenne densités au nord de la zone et en forte densité principalement au niveau du cap Carqueiranne.

Répartition des classes d'abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 3

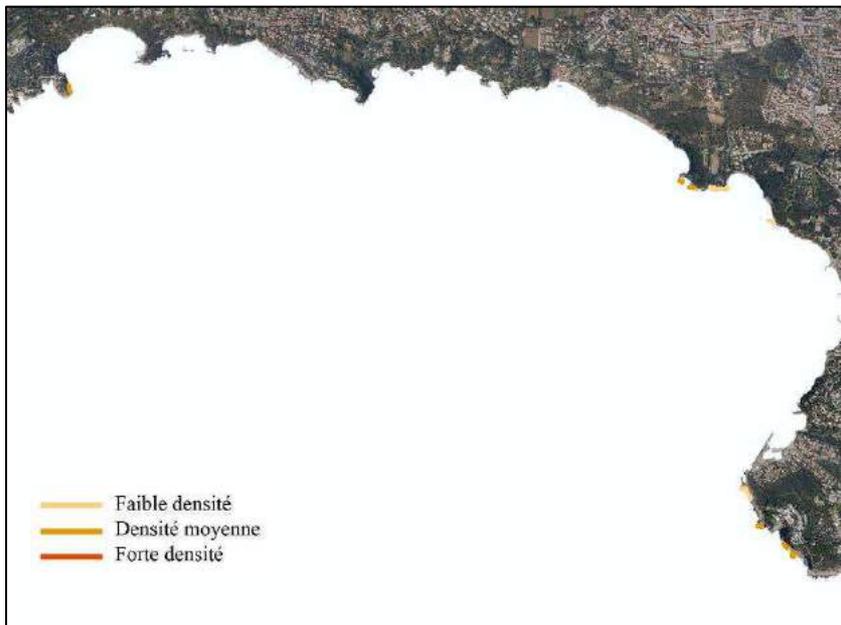
Si l'on compare ces données avec celles de 2001, on note une diminution de l'abondance de *Cystoseira amentacea* sur la zone 3 d'environ 15% (42,2% de la zone 3 en 2001 et 27,4% en 2009).

Cette diminution se traduit principalement par la disparition de *Cystoseira amentacea* présente en faible densité en 2001 au niveau de la Garonne. On note en revanche une nette augmentation de *Cystoseira amentacea* de forte densité (passant de 2,6% en 2001 à 9,6% du secteur 3 en 2009), principalement au niveau du cap de Carqueiranne

Zone 3			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
CYSTO	0	57,8	72,6
CYSTO	1	32,7	11,5
CYSTO	2	6,9	6,3
CYSTO	3	2,6	9,6
CYSTO	1+2+3	42,2	27,4

Pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 3 en 2001 et 2009.

- ***Lithophyllum byssoides*** (anciennement *L. lichenoides*), (Rhodobiontes, Corallinacées)



Seul *Lithophyllum byssoides* de type I est présent sur le secteur 3. Sa présence est très ponctuelle. On le retrouve en faible et moyenne densités au niveau des Bonnettes et du cap Carqueiranne.

Répartition des classes d'abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* sur le secteur 3

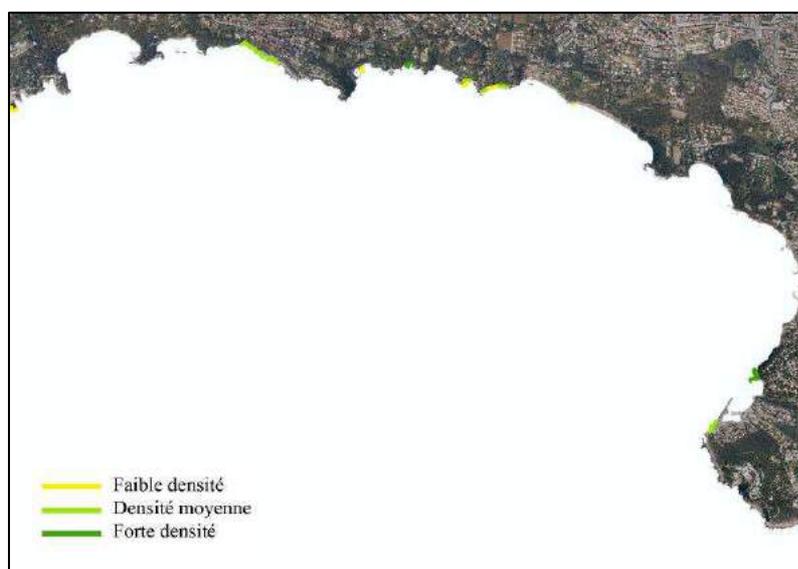
La présence de *Lithophyllum byssoides* de type I a diminué entre 2001 et 2009 passant respectivement de 11,9% à 4% sur la zone 3.

En 2001, 4,5% de la côte de la zone 3 étaient recouverts de *Lithophyllum byssoides* de type II. La présence de ces thalles coalescents n'a pas été observée en 2009.

Zone 3				Zone 3			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009	Espèce	Classe Abondance	2001	2009
LITHO I	0	88,1	96,0	LITHO II	0	95,5	100,0
LITHO I	1	11,5	2,0	LITHO II	1	3,3	0,0
LITHO I	2	0,4	2,0	LITHO II	2	0,0	0,0
LITHO I	3	0,0	0,0	LITHO II	3	1,3	0,0
LITHO I	1+2+3	11,9	4,0	LITHO II	1+2+3	4,5	0,0

Pourcentage de recouvrement des peuplements de *Lithophyllum byssoïdes* sur le secteur 3 en 2001 et 2009.

- **Ulvaes**, algues vertes (Chlorobiontes).



Les ulves sont présentes ponctuellement sur le secteur 3 recouvrant un peu plus de 1km de côte soit 7,3% de la zone 3. On les retrouve principalement en faible et moyenne densités au nord de la zone et en forte densité au nord du port des Oursinières.

Répartition des classes d'abondance des peuplements d'Ulves sur le secteur 3

On note une légère augmentation de l'abondance d'ulves sur le secteur 3 passant de 3,7% en 2001 à 7,3% de la zone 3 en 2009. Cette augmentation peut être la conséquence d'un enrichissement localisé des eaux en matière organique probablement du à des rejets privés.

Zone 3			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
ULVA	0	96,3	92,7
ULVA	1	3,7	2,3
ULVA	2	0,0	3,6
ULVA	3	0,0	1,3
ULVA	1+2+3	3,7	7,3

Pourcentage de recouvrement des peuplements d'ulves sur le secteur 3 en 2001 et 2009.

III.4.4.2. SUIVI DES POSIDONIES PAR TELEMETRIE ACOUSTIQUE

Lieu	Herbier à l'ouest du cap Carqueiranne
Latitude	43°01'954 N
Longitude	6°00'438 E
Morphologie générale de l'herbier	Herbier discontinu en mosaïque
Type de limite	Limite inférieure régressive
Profondeur	30m
Présence de structures érosives	Abs
Type de substrat	Détritique côtier et matte morte
Proportion de rhizomes plagiotropes	5%

Etat de vitalité de l'herbier de Posidonie

Quadrat N°	Profondeur (m)	Nbre faisceaux 0,04m ²	Nbre Faisceaux 1m ²	Déchaussement (cm)
1	30	2	50	2
2		4	100	3
3		4	100	2
4		1	25	3
5		5	125	4
6		3	75	3
7		2	50	3
8		4	100	10
9		7	175	5
10		2	50	5
11		4	100	8
12		8	200	4
13		2	50	3
14		5	125	6
15		3	75	6
16		2	50	5
17		2	50	5
18		2	50	4
19		4	100	3
20		2	50	5
21		7	175	8
22		3	75	5
23		2	50	4
24		5	125	7
25		5	125	6
26		1	25	15
27		4	100	10
28		1	25	3
29		3	75	5
30		2	50	4

31	3	75	6
32	3	75	10
33	2	50	7
Moyenne	3,303030303	82,57575758	5,424242424

- Densité

Parmi les 33 relevés effectués au niveau de la zone, les valeurs de densité de l'herbier de Posidonie s'échelonnent de 25 à 200 faisceaux/m², la densité moyenne sur l'ensemble des relevés s'élève à 82,6 faisceaux/m².

D'après le modèle de classification des densités présenté dans PERGENT & al. (1995), la densité moyenne de faisceaux obtenue sur l'ensemble des relevés est identifiée comme densité normale.

- Taux de recouvrement

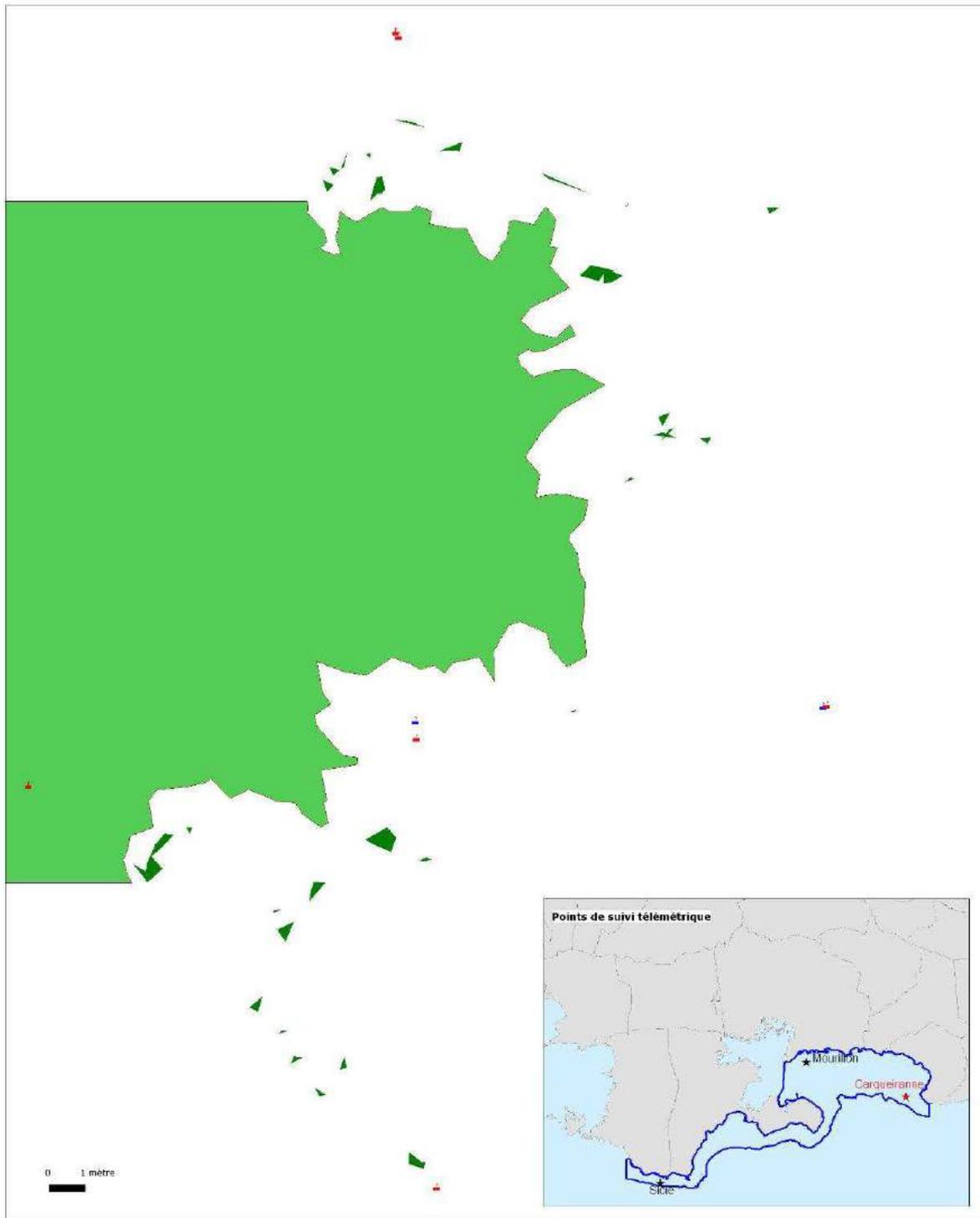
Le recouvrement moyen de l'herbier de Posidonie estimé au niveau du balisage installé s'élève à 70%. Le recouvrement présente des valeurs moyennes et hétérogènes suivant le système de classification de Réseau de Surveillance Posidonie (CHARBONNEL & al., 2000).

L'herbier en limite inférieure présente donc un recouvrement moyen.

- Déchaussement

Parmi les 33 relevés effectués, les valeurs de déchaussement des rhizomes évoluent de 2 à 15 cm. Les valeurs sont toutes positives dénotant un déchaussement. Le déchaussement moyen atteint 5,4 cm. Suivant la classification adoptée par le Réseau de Surveillance Posidonie (CHARBONNEL & al., 2000), le déchaussement est moyen.

En conclusion, l'herbier en limite inférieure présente une densité normale avec un taux moyen de recouvrement moyen et un déchaussement moyen.



- Piquets rouges
- Piquets bleus
- Taches de posidonies
- Limite inférieure de l'herbier

Site Natura 2000
Cap Sicé - Six Fours,
FR0301610

III.4.5. EVOLUTION DES BIOCENOSES

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 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. 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 gangui dans l'herbier.

A l'ouest du cap de Carqueiranne, on observe les derniers îlots de posidonie jusqu'à - 33 m. Le recouvrement est inférieur à 20 % et les zones de matte morte témoignent d'un épisode régressif.

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 plus franche se situe entre -25 et -30 m.

Evolution des herbiers de posidonie entre 2001 et 2009 – Secteur 3	Surface (ha)	Surface (%)
Progression des posidonies denses	32,47	11,06
Posidonies éparses devenues denses	13,9	4,73
Progression des posidonies éparses	22,69	7,73
Régression des posidonies denses	8,66	2,95
Régression des posidonies éparses	17,9	6,10
Posidonies denses devenues éparses	5,36	1,83
Régression incertaine des posidonies	25,76	8,77
Posidonies denses stables	176,25	60,03
Posidonies éparses stables	16,36	5,57

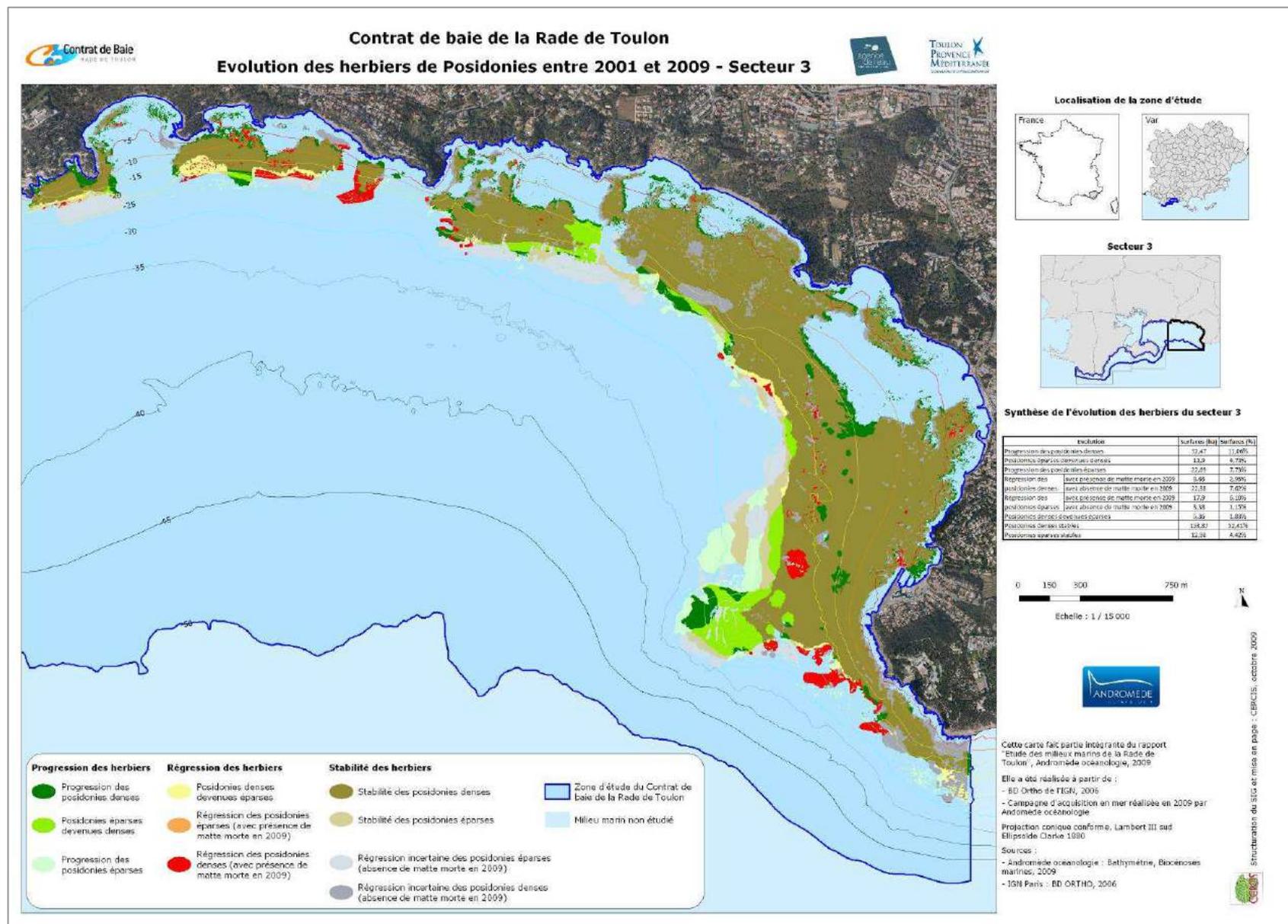
L'évolution depuis 2001 montre un herbier stable à 65,6%, en progression de 25,52% avec cependant une régression de sa surface de 10,88 %

On observe également une régression dite incertaine des herbiers de posidonie estimée à 8,77%. Ce sont des zones de régression sur lesquelles nous n'avons pas observé de matte morte.

D'après la carte page suivante on peut s'apercevoir que les herbiers en régression sont essentiellement localisés au niveau de la limite inférieure entre la pointe du cap Brun et les oursinières. zone soumise aux pressions les plus importantes.

Le secteur du cap de Carqueiranne montre une importante progression de posidonies éparses devenues denses. Ainsi qu'une progression des posidonies denses en limite inférieure.

La zone de régression en limite inférieure au sud du cap Carqueiranne semble peu probable, ne concernant qu'un secteur isolé. Celle-ci est plutôt liée à une imprécision de la cartographie de 2001.



III.5. SECTEUR N°4 : DE LA POINTE MAREGAU AU CAP CEPET

III.5.1. CONTEXTE GENERAL

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 Cépet). Le rejet urbain du Cap Cepet n'est plus en service depuis 1998 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 Coudoulière et de Cavalas font l'objet d'activités balnéaires.

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

III.5.2. CONTEXTE PHYSIQUE

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

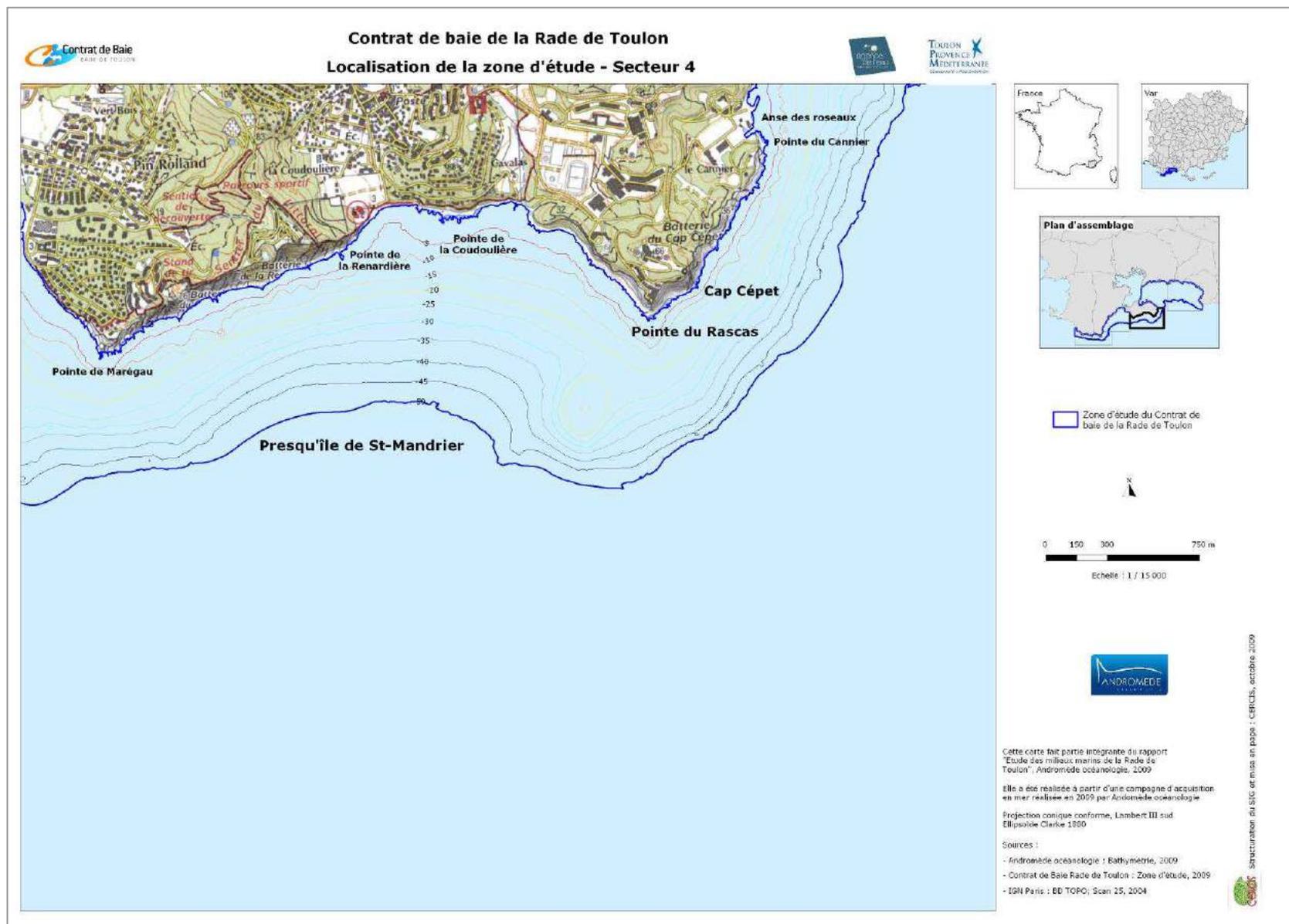
Le secteur est fortement exposé et la topographie sous-marine est complexe comprenant des éboulements de falaises, affleurements sous-marins. Une pente importante précède un canyon. Il semble s'agir d'un lobe détritique terrigène associé à des éléments biogènes de grande taille (Jeudy de Grissac et Tiné,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

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



La pointe Marégau et le cap Cépet sont particulièrement exposés aux houles d'Est et de Sud-Est qui sont prépondérantes du point de vue de l'érosion (Jeudy 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 Marégau et le cap Cépet.

L'anse des roseaux (au niveau du Cannier, sur la façade Est du cap Cépet) 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 Cannier, la pente devient plus douce et rejoint les caractéristiques générales des fonds de la grande rade.

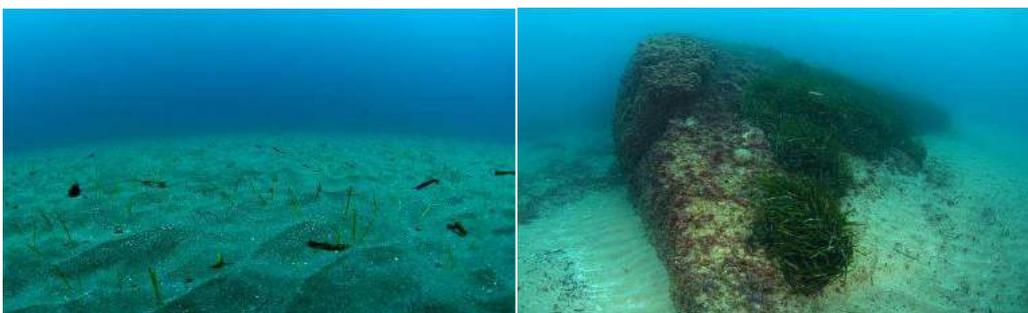


III.5.3. CONTEXTE BIOCENOTIQUE

III.5.3.1. LES HERBIERS DE PHANEROGAMES

Entre la pointe Marégau et le cap Cépet, 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. Au niveau de la pointe de la Coudoulière l'herbier est observé jusque -3m. On observe une alternance de dalles sub-horizontales, de petits éboulis et de gros blocs entre lesquels des langues de sable grossier sont présentes.

Au droit des plages de la Coudoulière et de Cavalas, 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. Sur cette grande tâche de sable fin, quelques herbiers de Cymodocées très épars ont été observés.



Face à la pointe de la Coudoulière l'herbier de posidonie est retrouvé en placage sur la roche dans les très petits fonds (-4 m). Quelques zones à Cymodocées sur une surface d'environ 1,67 ha ont été observées en bordure de l'herbier sur du sable fin. Cet herbier est très épars avec des recouvrements inférieurs à 10%.

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. Celle-ci se situe entre -25m et -30m. En limite inférieure, l'influence de l'hydrodynamisme est particulièrement visible avec la formation de ripple-mark. L'herbier s'étend vers le large sous forme de langues, sur un sable grossier bien calibré, et présente parfois un relief important (apparence de collines, perpendiculaires à la côte). Le recouvrement de l'herbier diminue avec la profondeur. De la matrice morte est retrouvée en limite inférieure jusque -33m. L'herbier est ainsi cartographié comme épars à l'Est de la pointe de Marégau.





L'herbier au niveau du cap Cépet a été fragilisé sur sa limite inférieure par les rejets du banc des dragages. Ceux-ci semblent cependant assez anciens et remontant à la bathymétrie -12m l'herbier l'a recolonisé sur sa portion supérieure. Celui-ci est alors cartographié sous la forme de taches très éparées entre -12m et -22m sur cette dune de déblais rocheux et sableux divers.

A l'Est du cap Cépet seules subsistent des zones d'herbier de tailles variables, 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.



Figure 22 : Sur le pourtour du cap Ceépet l'herbier de posidonie est en placage sur la roche de l'infralittoral jusque dans les très petits fonds (-3m)

En se rapprochant de l'anse des roseaux, on retrouve la configuration des herbiers du sud du secteur 2. L'herbier de posidonie apparaît alors sous la forme d'îlots de faible extension vers -15m de fond. Ils sont installés sur de la matte morte recouverte de sable. L'épaisseur de matte 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 matte présente en effet une croissance verticale moyenne de 1 m par siècle (Boudouresque & Meinesz, 1982).



Face à l'anse des roseaux, l'herbier est sous la forme de quelques taches d'une dizaine de mètres de diamètre chacune. Il présente 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.



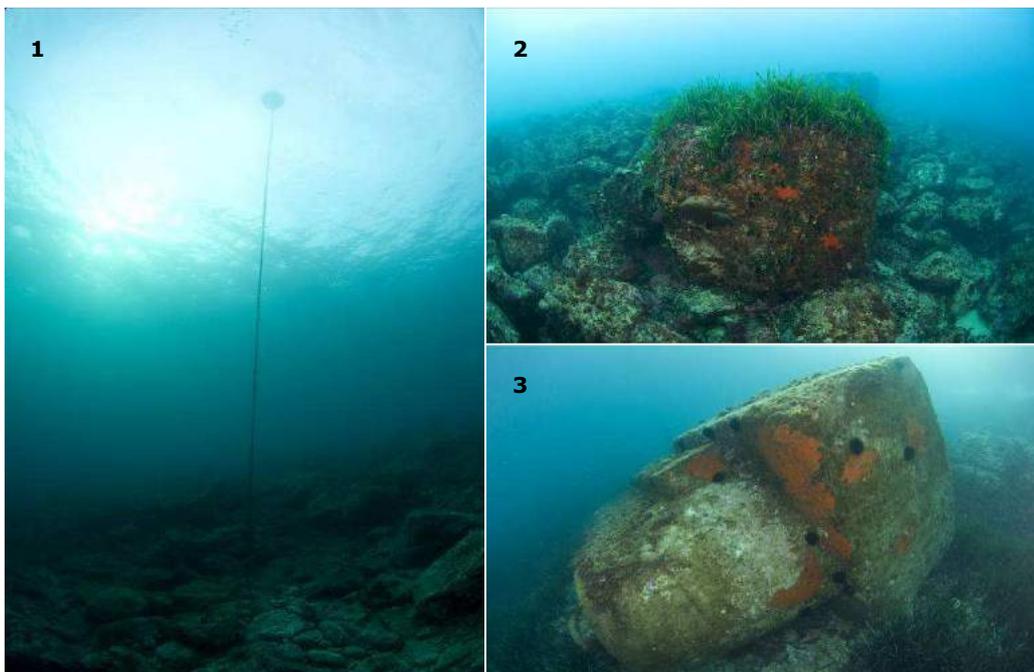
Plus en profondeur et jusqu'à la bathymétrie -20m de vastes plateaux de matte morte sont observés, témoignant d'une régression ancienne

III.5.3.2. LES PETITS FONDS ROCHEUX

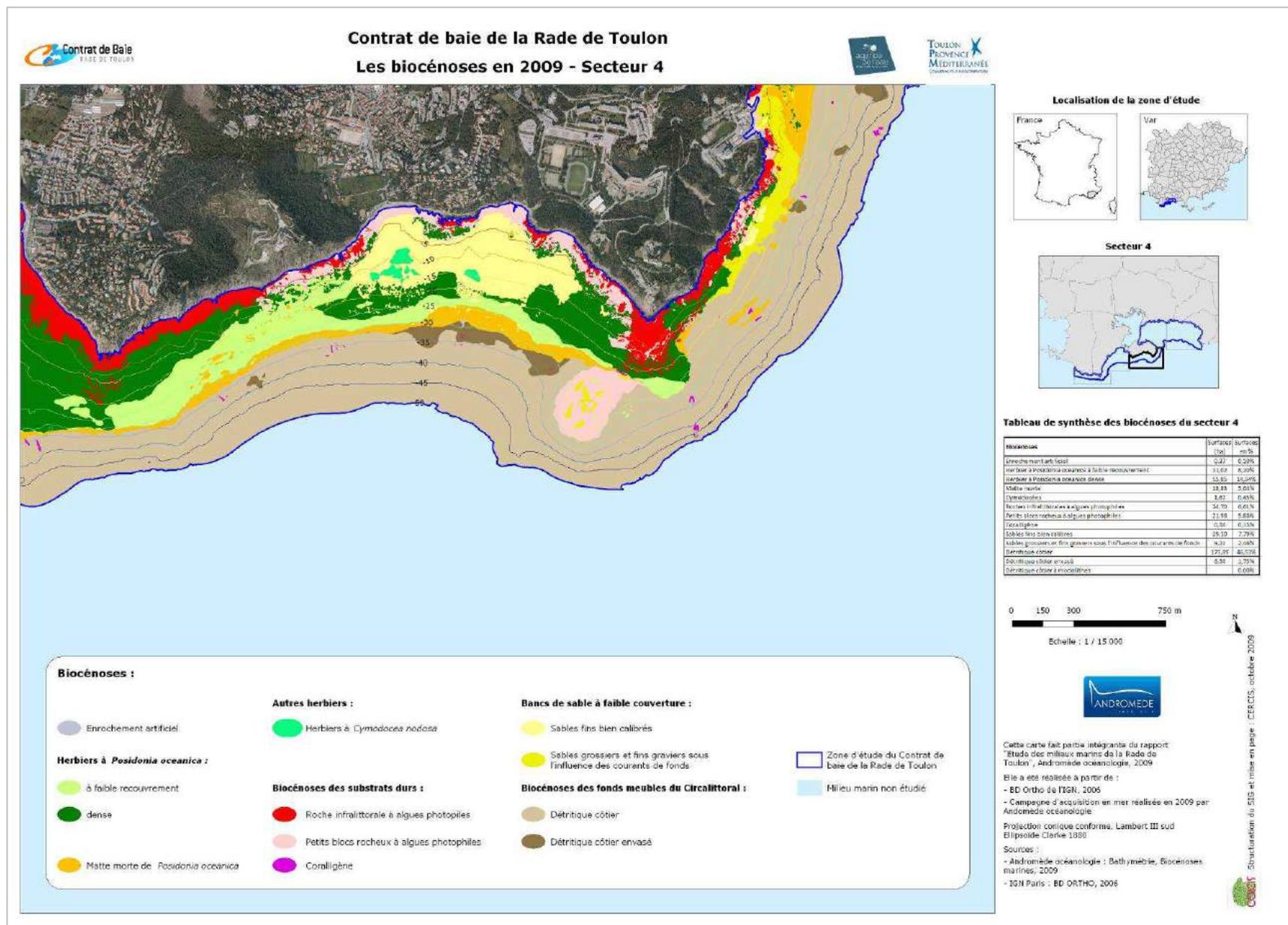
Les falaises de la pointe Marégau et du cap Cépet se prolongent, au niveau de la surface de l'eau, par une frange étroite d'éboulis et de blocs, issus de l'érosion des falaises, qui forment sous la surface un relief très hétérogène, avec une pente relativement forte. Les éboulis et blocs rocheux forment 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*. 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 Cépet vers l'anse des roseaux, de nombreuses bouées délimitent et sont présentes dans la zone militaire (1). Les petits fonds y sont essentiellement constitués de blocs et éboulis propices au développement des peuplements d'algues photophiles (2). Ceux-ci sont cependant moins diversifiés que la zone plus à l'Ouest. De gros blocs artificiels sont ponctuellement observés en bordure de l'herbier de posidonie(3).



III.5.4. CONTEXTE QUALITE DU MILIEU

III.5.4.1. SECTEUR 4

Sur les 10,3km de côte de la zone 4, 73% du médiolittoral sont recouverts de *Cystoseira amentacea*, 50,3% sont recouverts d'Ulves et 11,1% sont recouverts de *Lithophyllum byssoïdes* de type I.

Zone 4		Classes d'abondance				Présence
Espèce	Distance	0	1	2	3	1+2+3
LITHO I	en m	9188	950	100	100	1150
LITHO I	en %	88,9	9,2	1,0	1,0	11,1
LITHO II	en m	10338	0	0	0	0
LITHO II	en %	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ULVA	en m	5138	2300	2000	900	5200
ULVA	en %	49,7	22,2	19,3	8,7	50,3
CYSTO	en m	2838	750	1150	5650	7550
CYSTO	en %	27,5	7,3	11,1	54,7	73,0

Distance et pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea*, de *Lithophyllum byssoïdes* (types I et II), et des Ulves sur le secteur 4.

- ***Cystoseira amentacea*** (Chromobiontes, Fucales, Cystoseiracées).

Cystoseira amentacea est présente de façon quasi continue sur la zone 3. On la retrouve sur toutes les façades rocheuses du littoral de cette zone. Seules les zones de plage en sont démunies (plage de St Asile et plage de la Coudoulière). Elle est principalement trouvée en forte densité (54,7% de la zone 4).



Répartition des classes d'abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 4

La proportion de *Cystoseira amentacea* en 2009 sur la zone 4 (73% de la zone) est restée quasi identique à celle de 2001 (77,7% de la zone). Cependant, on note une nette augmentation de *Cystoseira amentacea* de forte densité le long du littoral sur cette zone (54,7% en 2009 contre 21,7% de la côte en 2001).

Zone 4			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
CYSTO	0	22,3	27,5
CYSTO	1	22,7	7,3
CYSTO	2	33,4	11,1
CYSTO	3	21,7	54,7
CYSTO	1+2+3	77,7	73,0

Pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 4 en 2001 et 2009.

- ***Lithophyllum byssoides*** (anciennement *L. lichenoides*), (Rhodobiontes, Corallinacées)

Seul *Lithophyllum byssoides* de type I est présent sur le secteur 4. Sa présence est très ponctuelle et recouvre 11,1% de la côte de cette zone. On le retrouve principalement en faible densité au niveau de la pointe Saint Elme, de la pointe Marégau et sur la façade ouest du cap Cépet.



Répartition des classes d'abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* sur le secteur 4

En 2001 *Lithophyllum byssoides* n'était présent sur cette zone que sous la forme de thalles isolés et uniquement sur 0,6% de côte. On observe donc une nette augmentation de *Lithophyllum byssoides* de type I en 2009 sur le secteur 4.

Comme en 2001, on note l'absence de *Lithophyllum byssoides* de type II.

Zone 4			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
LITHO I	0	99,4	88,9
LITHO I	1	0,6	9,2
LITHO I	2	0,0	1,0
LITHO I	3	0,0	1,0
LITHO I	1+2+3	0,6	11,1

Pourcentage de recouvrement des peuplements de *Lithophyllum byssoides* sur le secteur 4 en 2001 et 2009.

- **Ulvaes**, algues vertes (Chlorobiontes).

Les ulves sont largement présentes sur le secteur 4, recouvrant un peu plus de 5km de côte soit 50% de la zone 4. On les retrouve disséminées le long de la côte, principalement en faible et moyenne densités. On retrouve tout de même de fortes densités d'ulves sur les façades ouest et sud de Marégau et ponctuellement au niveau du cap Cépet.



Répartition des classes d'abondance des peuplements d'Ulves sur le secteur 4

On note une très forte augmentation de l'abondance d'ulves sur le secteur 4 passant de 2% en 2001 à plus de 50% de la zone 4 en 2009.

Zone 4			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
ULVA	0	98,0	49,7
ULVA	1	2,0	22,2
ULVA	2	0,0	19,3
ULVA	3	0,0	8,7
ULVA	1+2+3	2,0	50,3

Pourcentage de recouvrement des peuplements d'ulves sur le secteur 4 en 2001 et 2009.

- Présence des Caulerpales proliférantes

Ni *Caulerpa taxifolia*, ni *Caulerpa racemosa* n'ont été observées dans ce secteur.

III.5.5. EVOLUTION DES BIOCENOSES

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 Coudoulière et de Cavalas).

En revanche, les taches d'herbier entre le cap Cépet 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 Cépet jusqu'à la pointe du Cannier. 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 Cépet à la pointe des Petits Frères est donc mis en évidence au cours des vingt dernières années. Cette destruction est relativement récente. Les causes peuvent en être multiples (rejets urbains de Cépet, impact d'activités militaires comme la mise en œuvre d'explosifs, etc.).

Evolution des herbiers de posidonie entre 2001 et 2009 – Secteur 4	Surface (ha)	Surface (%)
Progression des posidonies denses	6,84	6,93
Posidonies éparses devenues denses	7,67	7,77
Progression des posidonies éparses	6,84	6,93
Régression des posidonies denses	0,33	0,33
Régression des posidonies éparses	2,73	2,77
Posidonies denses devenues éparses	6,88	6,97
Régression incertaine des posidonies	9,42	9,54
Posidonies denses stables	39,47	39,98
Posidonies éparses stables	18,55	18,79

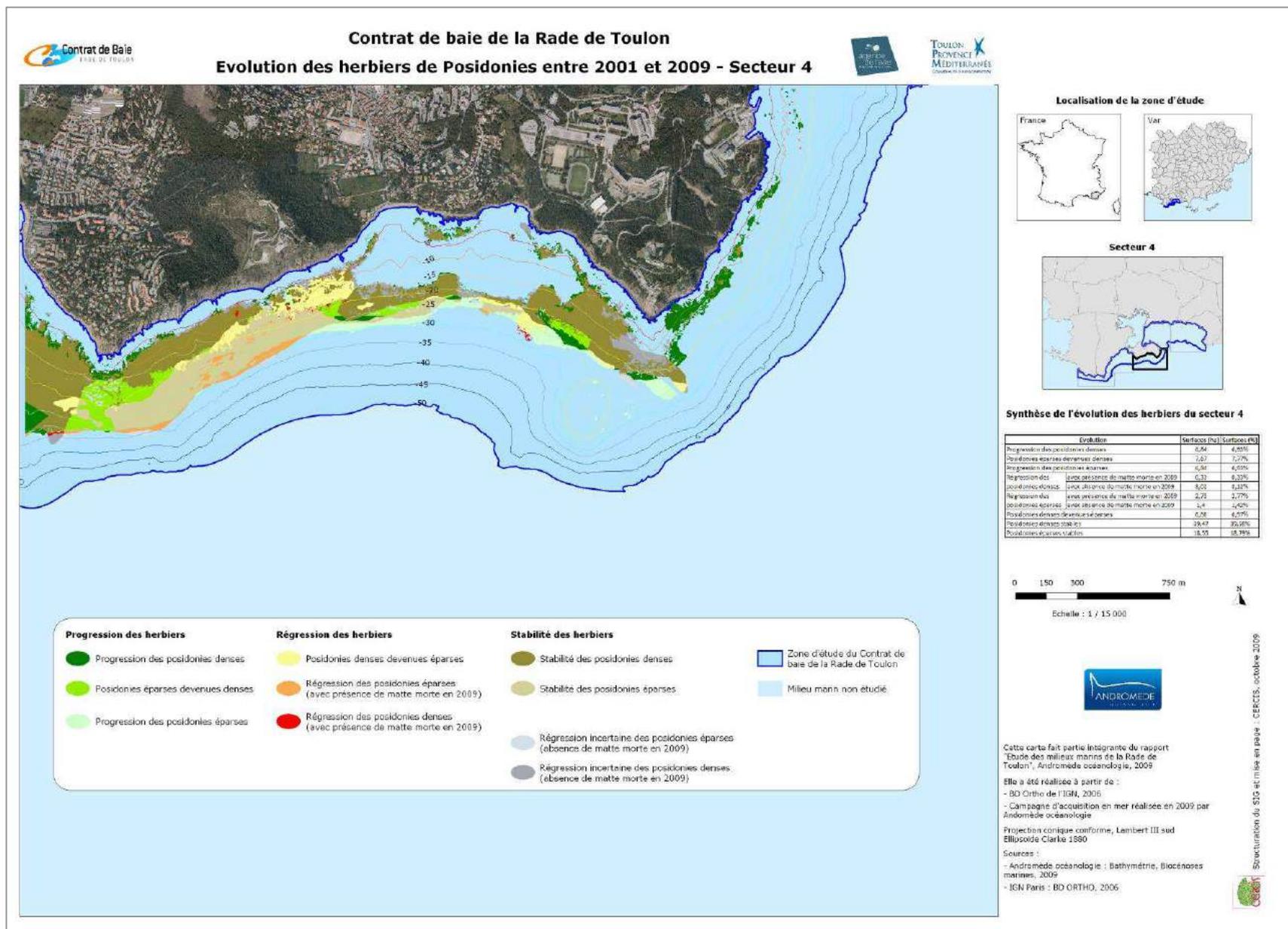
L'évolution depuis 2001 montre un herbier stable à 58,77%, en progression de 21,63% avec cependant une régression de sa surface de 10,07%.

On observe également une régression dite incertaine des herbiers de posidonie estimée à 9,54%. Ce sont des zones de régression sur lesquelles nous n'avons pas observé de matte morte.

Une importante progression de l'herbier est observée sur l'Est du cap Cépet. En 2001 il est remarqué dans le rapport que cette zone a été peu prospectée. Les photographies aériennes antérieures montrant que cet herbier existait déjà, cette progression n'est pas à prendre en compte.

Les autres progressions concernent essentiellement la limite de l'herbier face à la pointe de la Coudoulière, ainsi que l'évolution des posidonies éparses en posidonies denses plus à l'Ouest sur environ 4 ha.

Une légère régression des posidonies éparses est observée à l'Est de la pointe de Marégau en limite inférieure.



III.6. SECTEUR N°5 : L'ANSE DES SABLETTES

III.6.1. CONTEXTE GENERAL

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).

La ZNIEFF marine de type II N°83-006-000 « Herbier de posidonies de l'anse des Sablettes » est située sur ce secteur. Elle est décrite comme remarquable pour son herbier à posidonies; sa limite inférieure est profonde (30m). Vers la côte, l'herbier se développe sur la roche jusqu'à 5-10m de profondeur, les paramètres de vitalité de l'herbier (densité des faisceaux et recouvrement) peuvent être considérés comme normaux. Cette zone compte 3 sites de plongées et 2 épaves ayant servi de cible pour les exercices de tir.

III.6.2. CONTEXTE PHYSIQUE

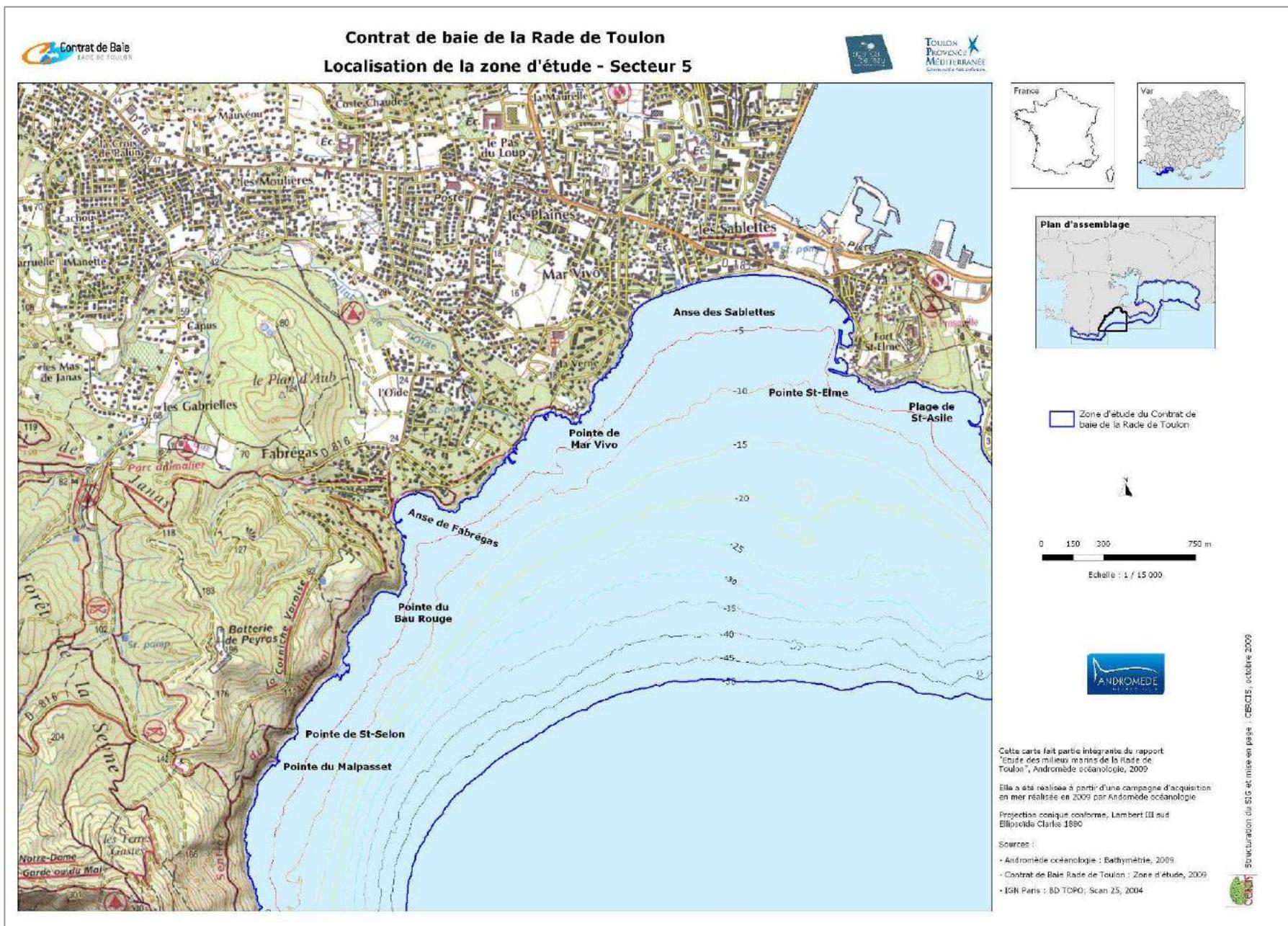


L'anse des Sablettes est fermée à l'Ouest par une série de falaises rocheuses, peu accessibles, qui se poursuivent jusqu'à l'anse de Fabrégas et constituent la partie orientale du massif de Sicié. Le pied de falaise est constitué de plages de galets et éboulis, issus de

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 Marégau, 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 l'anse de Fabrégas.



III.6.3. CONTEXTE BIOCENOTIQUE

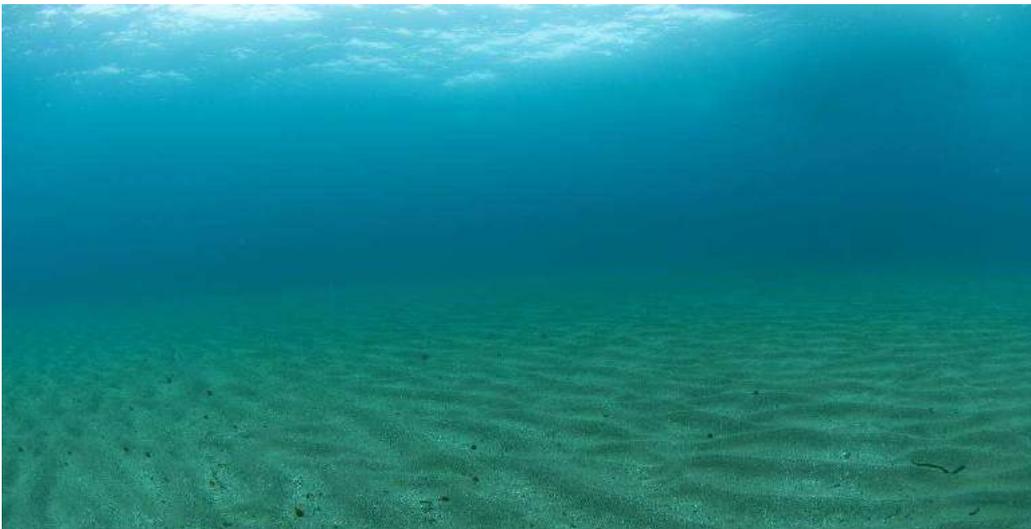
III.6.3.1. LES HERBIERS DE PHANEROGAMES

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). Son recouvrement diminue plus en profondeur et trouve sa limite vers l'isobathe des -33 m à l'Est et -25 m à l'Ouest. Cette régression d'Est en Ouest est marquée par la présence de matte morte en limite inférieure jusque l'isobathe des -30m. Malgré la présence de matte morte l'herbier semble stable et cette régression serait due à un phénomène passé.



Bien que la limite inférieure semble stable sur ce secteur elle est marquée face à l'anse de Fabrégas par une remontée de l'herbier de -30m à -25m. La matte morte retrouvée témoigne d'une régression passée.

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 coquillier, 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 matte 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.



Les photographies aériennes de Toulon en 1922 et 1944 témoignent de la stabilité de l'herbier dans les petits fonds sur ce secteur. On observe les mêmes taches d'herbier dans les anses de Fabrégas et des Sablettes entre 1922 et 2009. Sur ces photographies aériennes il est à remarquer la clarté de l'eau et la visibilité des fonds jusque l'isobathe des -20m.

Le fond de l'anse 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 matre 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).



Sur le pourtour du chenal d'érosion caractéristique de l'anse des Sablettes l'herbier est observé sous la forme d'îlots. La limite supérieure de l'herbier descend jusque -16m au centre de ce chenal.

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 affleurement 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 mattes 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) et les densités sont normales à sub-normales supérieures. L'enchevêtrement des blocs et des frondes forme des failles et des méandres, de relief important, au creux desquels on observe une faune et une flore sciaphiles des petites profondeurs.



Sur l'Est du secteur l'herbier présente une limite inférieure franche avec un recouvrement de 40 – 50% à -30m. Les rhizomes sont majoritairement orthotropes, toutefois de nombreux rhizomes plagiotropes (à croissance horizontale) sont observés, ce qui peut caractériser une tendance à la progression ou tout au moins à la stabilité de l'herbier. Quelques *Pinna nobilis* d'environ 25 cm ont été observées dans l'herbier vers - 25m. 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).

III.6.3.2. LES PETITS FONDS ROCHEUX



Quelques gros blocs dans les petits fonds sont blanchis par des oursins noirs *Arbacia lixula*. Ce phénomène reste cependant localisé.

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 sable 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 mètres 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 d'une identification exhaustive. Cependant on peut citer la présence des 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).

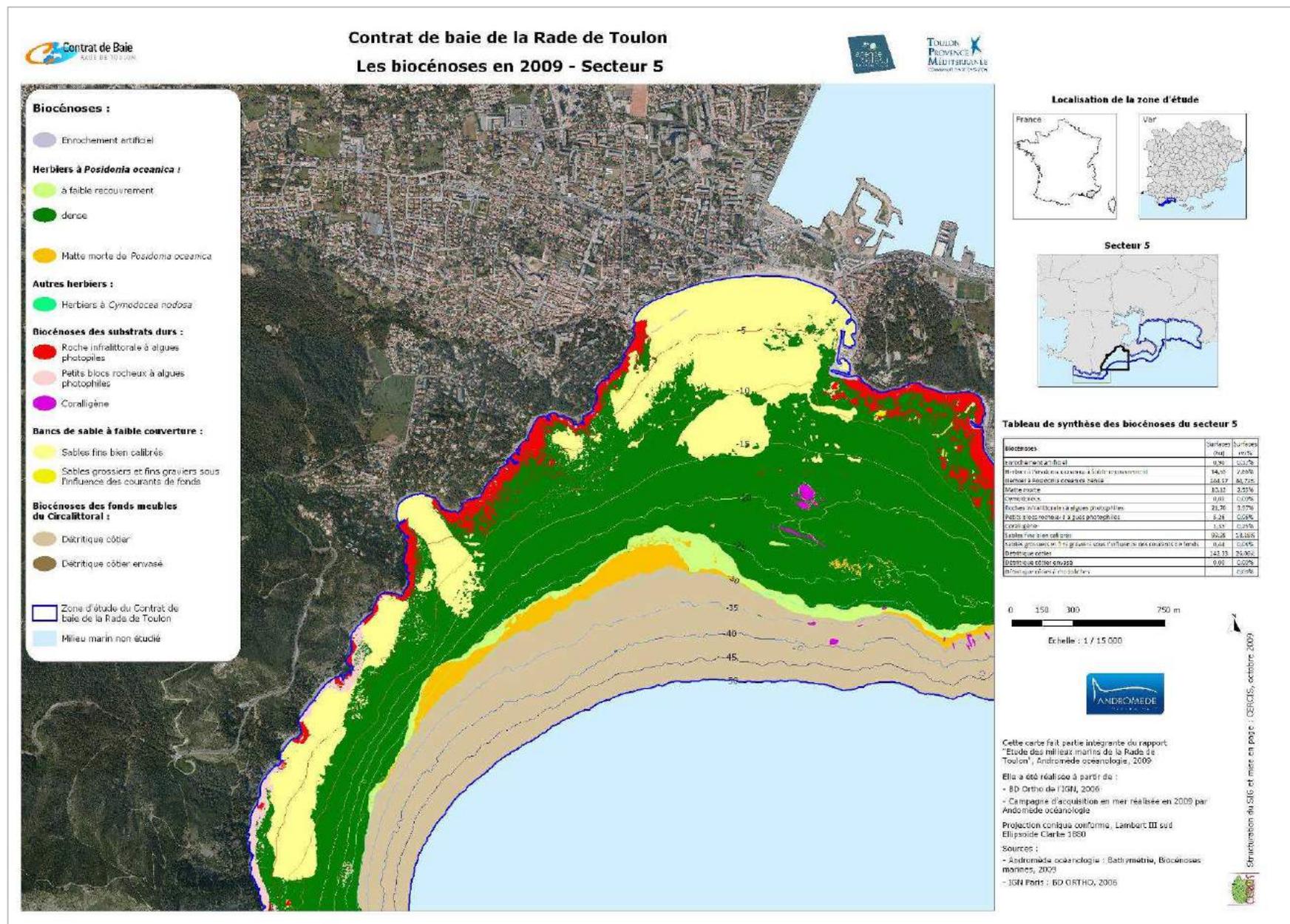
Les zones d'éboulis et les arêtes rocheuses forment un ensemble très hétérogène d'un point de vue topographique et bionomique (cavités, blocs mêlés à de l'herbier de posidonie). Elles sont riches en abris et en nourriture (tapis d'algues, éponges, invertébrés, petits crustacés) et accueillent donc une 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 vérede (*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 coquillier, 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 recouvertes 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 coelentérés (*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.).



Plus en profondeur à partir de -33m, dans le détritique côtier, on observe quelques gorgones blanches (*Eunicella singularis*) ainsi qu'ici sur la gauche une hexacoralliaire l'anémone alicie (*Alicia mirabilis*).



III.6.4. CONTEXTE QUALITE DU MILIEU

III.6.4.1. LE MEDIOLITTORAL

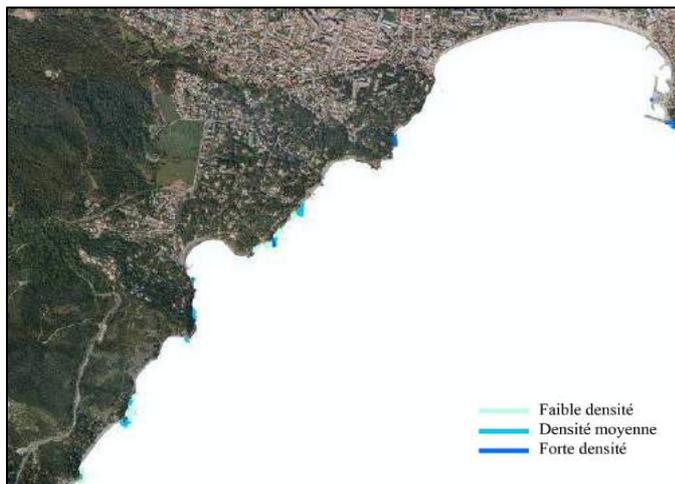
Sur les 7,2km de côte de la zone 5, 19,6% du médiolittoral sont recouverts de *Cystoseira amentacea*, 20,3% sont recouverts d'Ulves et 15,4% sont recouverts de *Lithophyllum byssoïdes* de type I.

Zone 5		Classes d'abondance				Présence
Especes	Distance	0	1	2	3	1+2+3
LITHO I	en m	6048	650	200	250	1100
LITHO I	en %	84,6	9,1	2,8	3,5	15,4
LITHO II	en m	7148	0	0	0	0
LITHO II	en %	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ULVA	en m	5698	500	600	350	1450
ULVA	en %	79,7	7,0	8,4	4,9	20,3
CYSTO	en m	5748	600	400	400	1400
CYSTO	en %	80,4	8,4	5,6	5,6	19,6

Distance et pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea*, de *Lithophyllum byssoïdes* (types I et II), et des Ulves sur le secteur 5.

Ce secteur n'avait pas fait l'objet d'une étude des espèces du médiolittoral en 2001. Aucune comparaison ne pourra donc être réalisée sur ce secteur.

- ***Cystoseira amentacea*** (Chromobiontes, Fucales, Cystoseiracées).



Cystoseira amentacea est présente de façon discontinue sur la zone 5. On la retrouve en faible moyenne et forte densités, principalement sur les pointes rocheuses (pointe du Malpasset, pointe de Saint Selon, pointe du Bau Rouge, pointe de Mar Vivo et pointe Saint Elme).

Répartition des classes d'abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 5

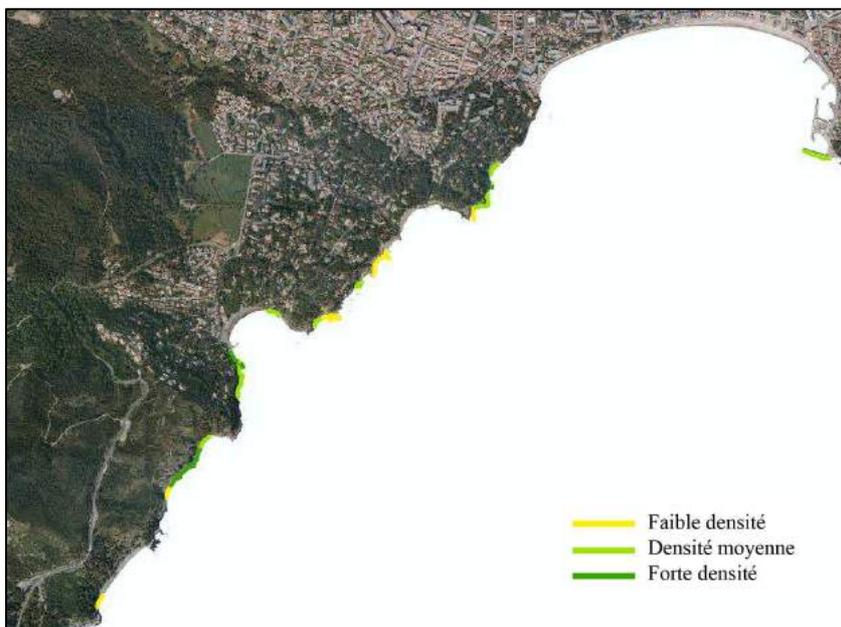
- ***Lithophyllum byssoides*** (anciennement *L. lichenoides*), (Rhodobiontes, Corallinacées)



Répartition des classes d'abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* sur le secteur 5

Seul *Lithophyllum byssoides* de type I est présent sur le secteur 5. Sa présence est très ponctuelle et recouvre seulement 15,4% de la côte de cette zone. On le retrouve en faible moyenne et forte densités, sur certaines zones rocheuses (entre la pointe de Saint Selon et celle du Bau Rouge, sur la pointe du Bau Rouge, au nord de l'anse de Fabrégas, sur la pointe de Mar Vivo et sur la pointe Saint Elme).

Ulvaes, algues vertes (Chlorobiontes).



Répartition des classes d'abondance des peuplements d'Ulves sur le secteur 5

Les ulves sont présentes sur le secteur 3, recouvrant 1,5km de côte soit 20,3% de la zone 5. On les retrouve disséminées le long de la côte, principalement à l'ouest de la zone et sur la digue sud du port de Saint Elme. Elles sont présentes à la fois en faible, moyenne et forte densités le long de cette côte.

- Présence des Caulerpales proliférantes

Ni *Caulerpa taxifolia*, ni *Caulerpa racemosa* n'ont été observées dans ce secteur.

III.6.5. EVOLUTION DES BIOCENOSES

La comparaison de la limite supérieure sur la base de photographies aériennes anciennes (1922) et récentes (2006) permet de montrer que l'herbier semble avoir peu évolué sur ce secteur.

Concernant la limite inférieure de l'herbier de posidonie, bien que montrant un signe de régression passée face à l'anse de Fabrégas (remontée de la limite de -30m à -25m), il présente une bonne vitalité et son extension géographique et bathymétrique semble stabilisée.

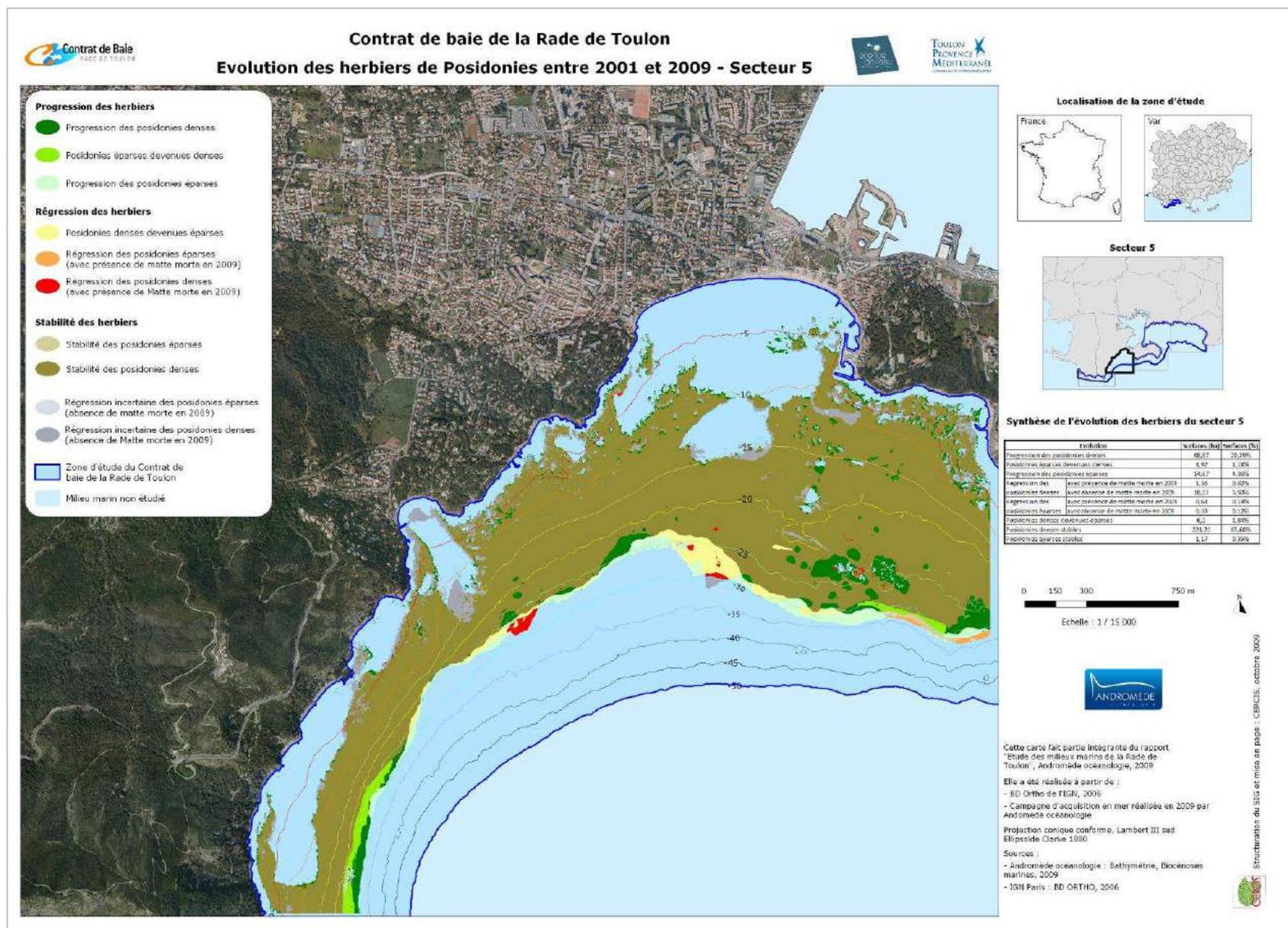
Les peuplements du pré-coralligène de la remontée rocheuse de St-Elme ne semblent soumis qu'à peu d'influences anthropiques (hormis la fréquentation des plongeurs et chasseurs sous-marins). Il n'existe pas de description antérieure de la remontée rocheuse qui permettrait d'analyser l'évolution de ces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

Evolution des herbiers de posidonie entre 2001 et 2009 – Secteur 5	Surface (ha)	Surface (%)
Progression des posidonies denses	68,67	20,39
Posidonies éparées devenues denses	3,97	1,18
Progression des posidonies éparées	14,67	4,36
Régression des posidonies denses	1,36	0,40
Régression des posidonies éparées	0,63	0,19
Posidonies denses devenues éparées	6,2	1,84
Régression incertaine des posidonies	18,9	5,62
Posidonies denses stables	221,21	65,68
Posidonies éparées stables	1,17	0,35

L'évolution depuis 2001 montre un herbier stable à 66,03%, en progression de 25,93% avec cependant une régression de sa surface de 2,43%.

On observe également une régression dite incertaine des herbiers de posidonie estimée à 5,62%. Ce sont des zones de régression sur lesquelles nous n'avons pas observé de matte morte en particulier sur l'anse de Fabrégas.

La limite inférieure a été cartographiée comme plus profonde en comparaison à 2001 sur l'Est de ce secteur ainsi qu'au centre de l'herbier, ce qui explique l'importante progression mesurée en 2009. La progression observée étant supérieure au taux de croissance d'un herbier de posidonie il convient donc de modérer toute hypothèse de croissance. L'herbier semble cependant de bonne vitalité sur l'ensemble de ces limites, la mise en place d'un point de suivi par télémétrie acoustique sur cette limite permettrait de tester l'hypothèse de progression de l'herbier.



**III.7. SECTEUR N°6 : DE LA POINTE DE
L'EPERON AU CAP SICIÉ - DEUX FRÈRES**

III.7.1. CONTEXTE GENERAL

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 d'eaux usées issues de la station d'épuration AMPHITRIA (capacité de 550 000 EH) qui traite les effluents de 7 communes (Toulon ouest, La Seyne, Saint Mandrier, Six Fours, Le Revest, Evenos, Ollioules. 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 dans l'ensemble de la zone allant 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.

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.

Ce secteur comprend la ZNIEFF marine de type I N°83-000-004 intitulée « Ilots des deux frères ». Les îlots des deux frères et l'ensemble des hauts fonds se trouvant à proximité constituent une zone de grand intérêt paysager et écologique. Cet ensemble représente la zone la plus intéressante à proximité du Cap Sicié. Les conditions locales, forte houle du large, eau renouvelée constamment, devraient permettre de maintenir la qualité des fonds et une bonne biodiversité sur le site pour la faune fixée et le peuplement de poissons.



Figure 23 : Station d'épuration d'Amphitria. D'importants investissements ont été réalisés afin d'intégrer la STEP dans ce paysage de falaises fortement exposées aux aléas climatiques. Son émissaire se rejette dans les petits fonds (-8m) dans la petite baie qui lui fait face.

III.7.2. CONTEXTE PHYSIQUE

La morphologie littorale, de la pointe de l'Eperon au cap Sicié, est constituée de falaises rocheuses accores, 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).

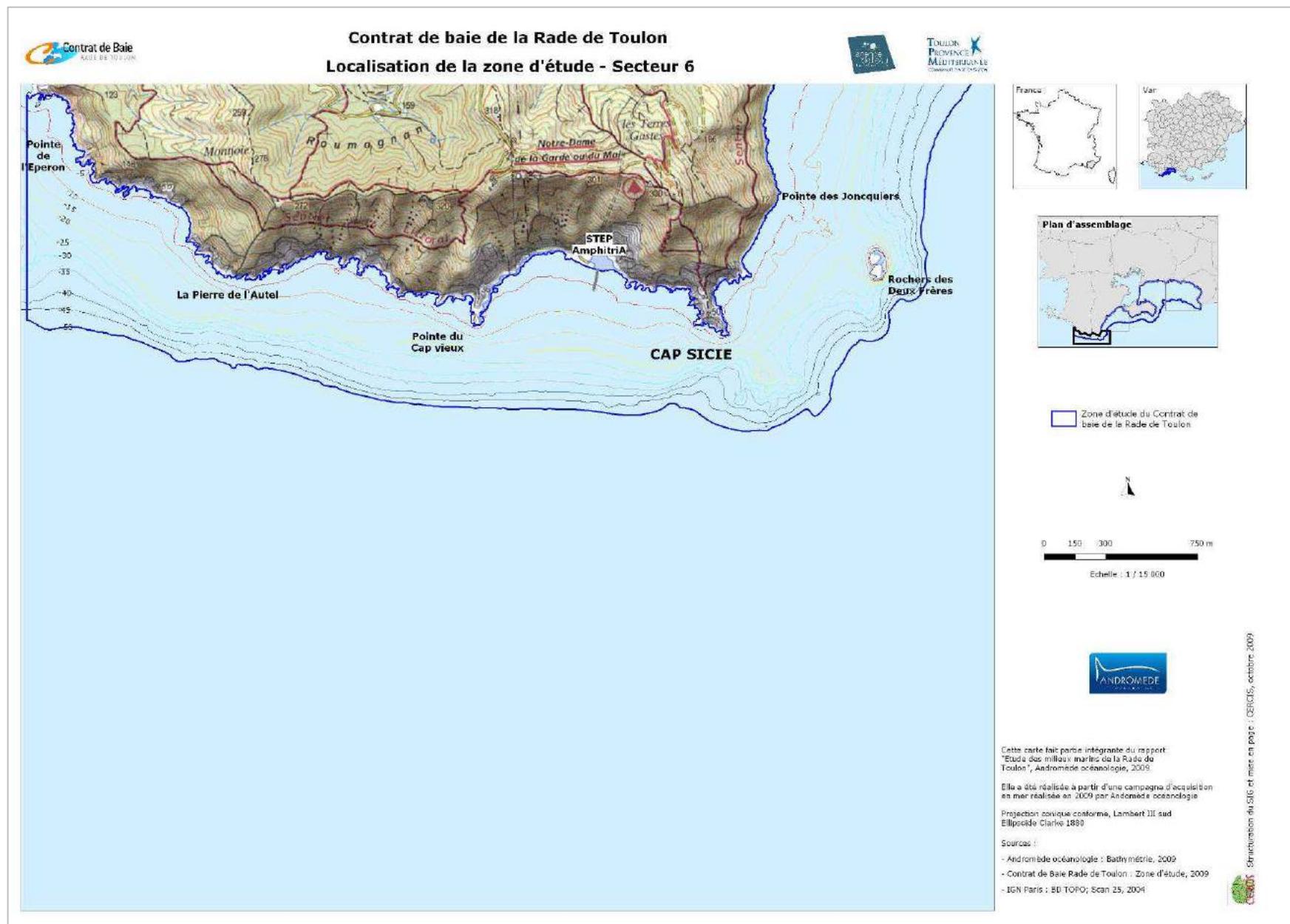
La côte rocheuse, et les falaises verticales sont inaccessibles depuis la terre. Le débarquement par la mer est rendu périlleux, par l'absence de replats, ainsi que par le nombre important de hauts fonds et de rochers émergents situés dans le prolongement des pointes et dans le fond des criques.

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).



Les roches des deux frères au cap Sicié illustrent bien les paysages de falaises du Cap Sicié, lesquelles se prolongent sous la surface.



III.7.3. CONTEXTE BIOCENOTIQUE

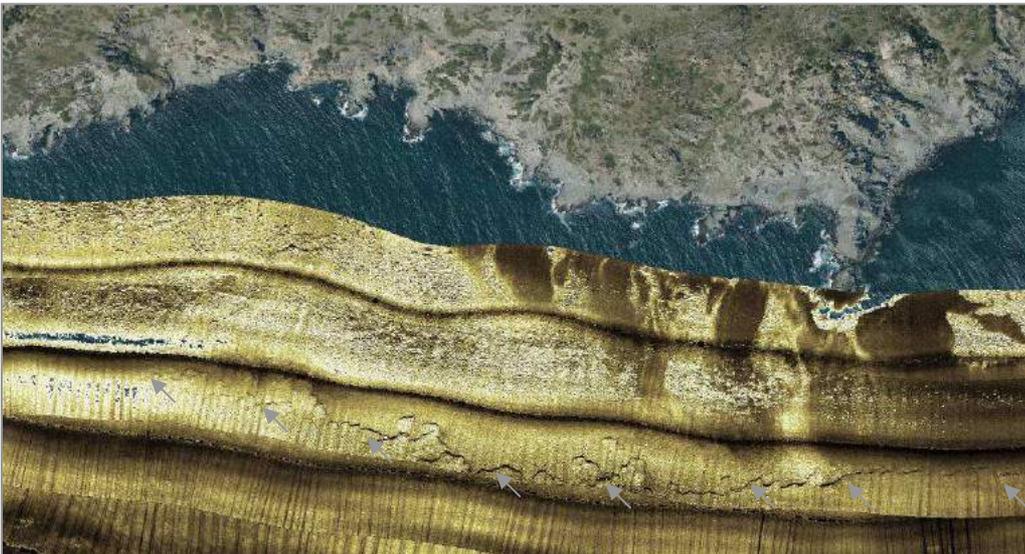
III.7.3.1. LES HERBIERS DE PHANEROGAMES

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 -5m et -30m de profondeur en moyenne. C'est un herbier clairsemé qui présente des traces de régression anciennes, le long de ses limites inférieures et supérieures, en particulier à proximité du rejet de la station d'épuration d'AmphitriA où l'herbier semble avoir complètement disparu (conséquence probable du rejet brut des effluents entre 1950 et 1997).

Entre la pointe de l'éperon et la pointe du cap vieux la limite inférieure est située autour de 28 m de profondeur, elle est de type régressive. L'herbier est morcelé, constitué de touffes et îlots en alternance avec de la matte 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 normales (selon les critères de Pergent-Martini, 1994 et Pergent *et al.*, 1995).

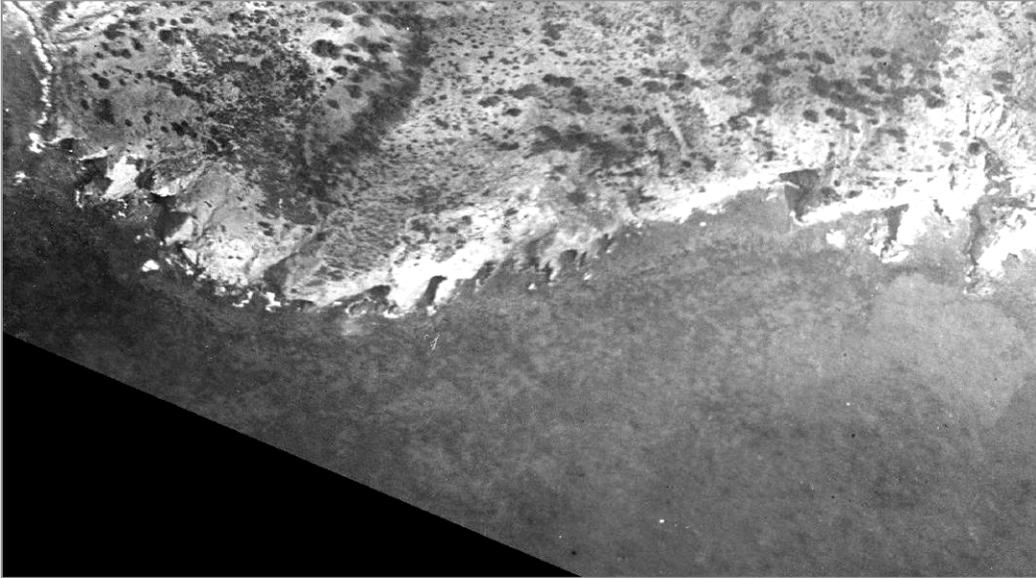
La limite actuelle est majoritairement en régression par rapport à un mur de matte morte d'environ 50cm qui est continu du Cap Sicié à la pointe de l'éperon, marquant ainsi l'ancienne limite de l'herbier. Quelques faisceaux sont également retrouvés plus en profondeur jusqu'à -33 m de profondeur en contrebas du mur de matte morte, notamment au niveau de « la pierre de l'autel ».

Les signes de dégradation de l'herbier le long de sa limite inférieure peuvent être attribués à un contexte de turbidité de la zone, de par la présence du rejet de Sicié qui autrefois n'était pas traité.



La mosaïque sonar entre la pierre de l'Autel et la pointe du Cap vieux met en évidence le tombant de matte morte retrouvée en continuité sur l'isobathe des -30m. On y observe également les différents faciès sédimentaires ; plus fins vers l'Est en se rapprochant de la Step AmphitriA. A L'ouest l'herbier de posidonie présente une formation en taches éparses.

En 2001, le rapport fait état d'un herbier de moins bonne vitalité que nos observations en 2009. Il souligne également la pression du chalutage illégal¹ sur l'herbier comme incontestable. De nombreuses vérifications terrains ont été réalisées sur la zone en 2009 cependant nous n'avons pas observé d'impacts liés au chalutage sur les fonds marins et en particulier sur l'herbier de posidonie. De même la mosaïque sonar latéral ne met pas évidence de traces de chalut sur cette zone.



La photographie aérienne de 1922 sur la pierre de l'Autel montre une formation en îlot des herbiers jusque l'isobathe des -20m. L'herbier est observé jusque dans les très petits fonds en placage sur roche. La clarté de l'eau est encore une fois à signaler sur ces anciennes photographies aériennes.

La limite supérieure de l'herbier est située entre -5m et -10m de profondeur. 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. 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 dans les petits fonds), 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. La matre morte sur cette zone témoigne de la régression passée.

¹ Dans le quartier maritime de Toulon, sur 302 pêcheurs inscrits en 1998, 72 pratiquent le gangui, 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.



L'émissaire de la station d'épuration d'AmphitriA se jette dans des fonds de -8m dans la baie à l'Ouest du cap Sicié. Bien que ce rejet soit visuellement impressionnant, les fonds à proximité ne sont pas envasés et il ne semble pas se former de dépôts de particules fines. Le fort hydrodynamisme de la zone joue un rôle prépondérant. Les biocénoses en périphérie de la baie du rejet ont néanmoins été impactées ; l'herbier de posidonie a totalement régressé, les algues du médiolittoral témoignent d'un milieu perturbé, les algues photophiles sont très peu diversifiées. Ces impacts semblent essentiellement se cantonner au secteur de la baie du rejet et montrent d'après la bibliographie de nombreuses améliorations notamment dans les petits fonds, depuis la mise en place de la station d'épuration (en 1997) et ses améliorations comme en 2002 avec la mise en place de l'étage biologique.



Sur toute la partie de la zone d'étude à l'Ouest du cap Sicié un tombant de matte morte d'environ 50 cm est situé à proximité de l'isobathe -30m. Il nous indique la limite passée de l'herbier de posidonie. Quelques îlots d'herbier sont actuellement retrouvés en contrebas de ce tombant.



La limite inférieure de l'herbier de posidonie à l'Ouest de la pointe du cap vieux est située entre -27m et -33m. Bien que profonde cette limite montre des signes de régression passée. L'amélioration du rejet de la station d'épuration a déjà permis une amélioration de la qualité dans les petits fonds il devrait en être de même pour la limite inférieure de l'herbier. La mise en place d'un point de suivi par télémétrie acoustique en 2009 devrait permettre de confirmer la reprise de l'herbier ou du moins sa stabilisation sur ce secteur. A noter la disparition ancienne de l'herbier face au rejet.



Entre le cap Sicié et les îlots des deux frères on observe des remontées rocheuses. L'herbier y est observé jusque -30m sur les zones de détritique ou en placage sur la roche et sur le coralligène, parfois en association avec des grandes gorgones rouges (*Paramuricea clavata*).



Quelques poissons ont été observés dans les petits fonds. Notamment des bancs de Mendole (*Spicara maena*), ici un banc dans l'herbier en période d'accouplement.



A proximité des îlots des deux frères on retrouve un herbier en placage sur la roche de bonne vitalité vers -13m.

A l'Est du cap Sicié, entre la côte et les îlots des Deux Frères, l'herbier présente une formation plus en conformité avec les autres secteurs de la zone d'étude : 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 matie morte et ne présente pas de signes de régression. Ces remarques sont conformes avec les dernières observations du RSP.



III.7.3.2. 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 observés, 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.

Les peuplements de poissons des zones rocheuses sont une indication des pressions liées aux activités de pêche, ils montrent également 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 les 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 communes comme les Sars, la Girelle et les Serrans. Ces dernières espèces sont indicatrices de l'effort de pêche à la ligne, les autres indiquant plus particulièrement l'impact de la chasse sous-marine (Harmelin *et al.*, 1995).



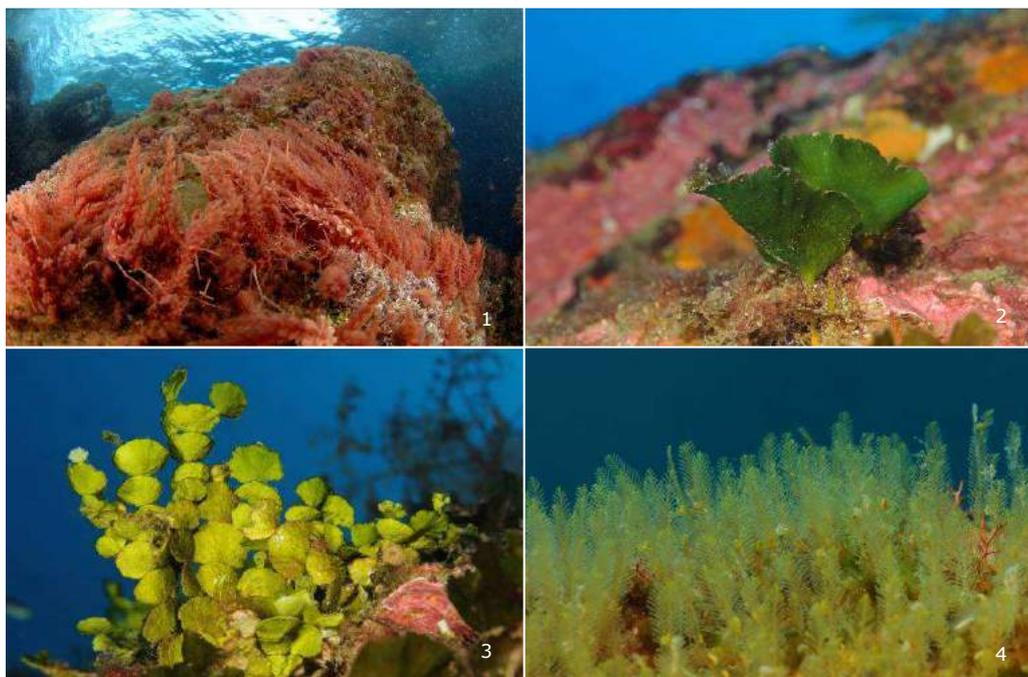
Les petits fonds de la sèche Sicié ainsi que ceux plus proches du rejet d'AmphitriA sont pauvres en algues photophiles. La roche y est couverte d'algues brunes et on peut y noter la forte présence d'ulves, témoignant d'un milieu perturbé probablement par les rejets de la station d'épuration et le fort apport en eaux douces. Ces observations restent néanmoins localisées à proximité du rejet et les améliorations réalisées ces dernières années sur la station d'épuration devraient permettre de retrouver une biocénose des algues photophiles plus diversifiée.



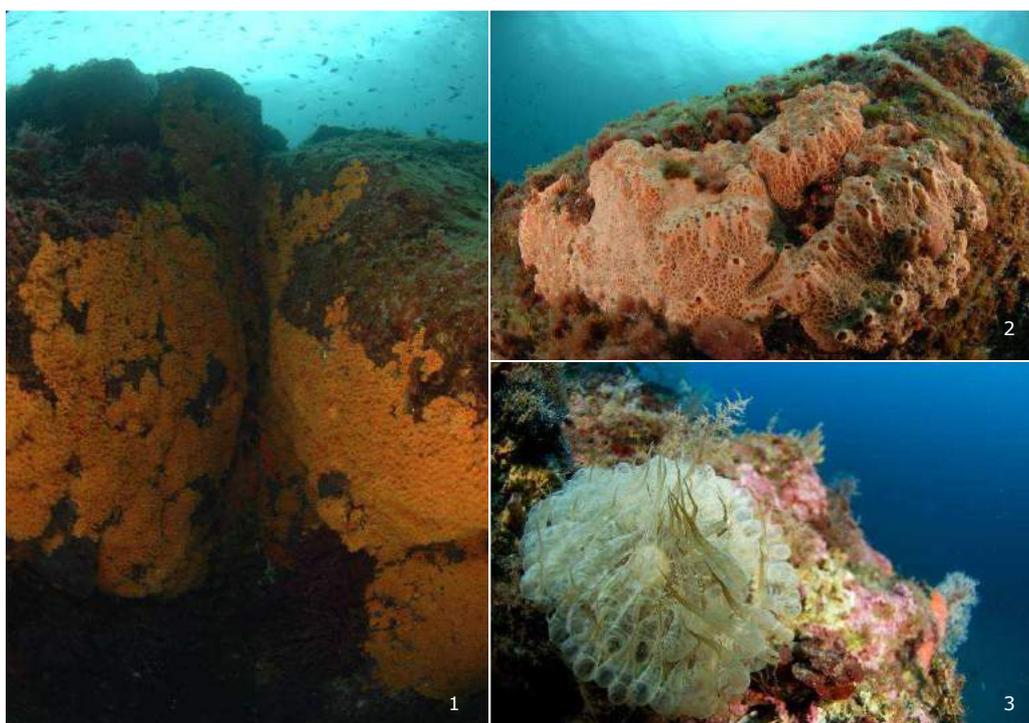
A proximité du rejet et jusque dans les petits fonds des roches les deux frères une forte concentration en oursins noirs *Arbacia lixula* est observée dans les petits fonds rocheux. Ils contribuent à déstabiliser la biocénose des roches à algues photophiles en mettant la roche à nue.



Autre témoin de la perturbation du milieu, au pied de la roche des deux-frères dans les petits fonds à partir de -15m on observe une prolifération des algues vertes du type *Codium bursa* ainsi la forte présence de *Corallina elongata*. Le caractère ubiquiste de cette algue calcaire lui permet de se développer sur la quasi-totalité des substrats rocheux. L'exubérance des peuplements à *C. elongata* peut témoigner d'une eau polluée ; toutefois, des peuplements abondants de corallines peuvent également être présents dans des zones totalement exemptes de pollution (stations où l'hydrodynamisme (très fort) ou l'éclairement (très faible) éliminent ses concurrents).



Les roches à algues photophiles du cap Sicié tournées vers le large ainsi que celles à proximité de la La pierre de l'Autel sont bien diversifiées. On y retrouve notamment les algues *Asparagopsis armata* (1), *Udotea petiolata* (2), *Halimeda tuna* (3) ou encore l'hydraire *Aglaophenia sp* (4).



On peut également observer dans les zones de surplombs de beaux tombants à *Parazoanthus axinellae* l'anémone encroûtante jaune (1). Ainsi que l'éponge *Hemimycale columella* (2) ou encore l'anémone *Aiptasia mirabilis* (3).

Les paysages sous-marins autour des îlots des Deux Frères présentent une diversité architecturale remarquable : 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 détritique, à 38 m de profondeur. Dans la partie

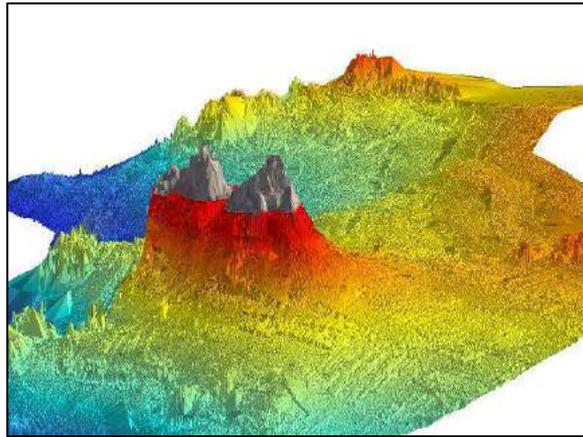


Figure 24 : vue 3D des îlots des 2 frères

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, essentiellement d'un point de vue paysager. 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 accidentées 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.

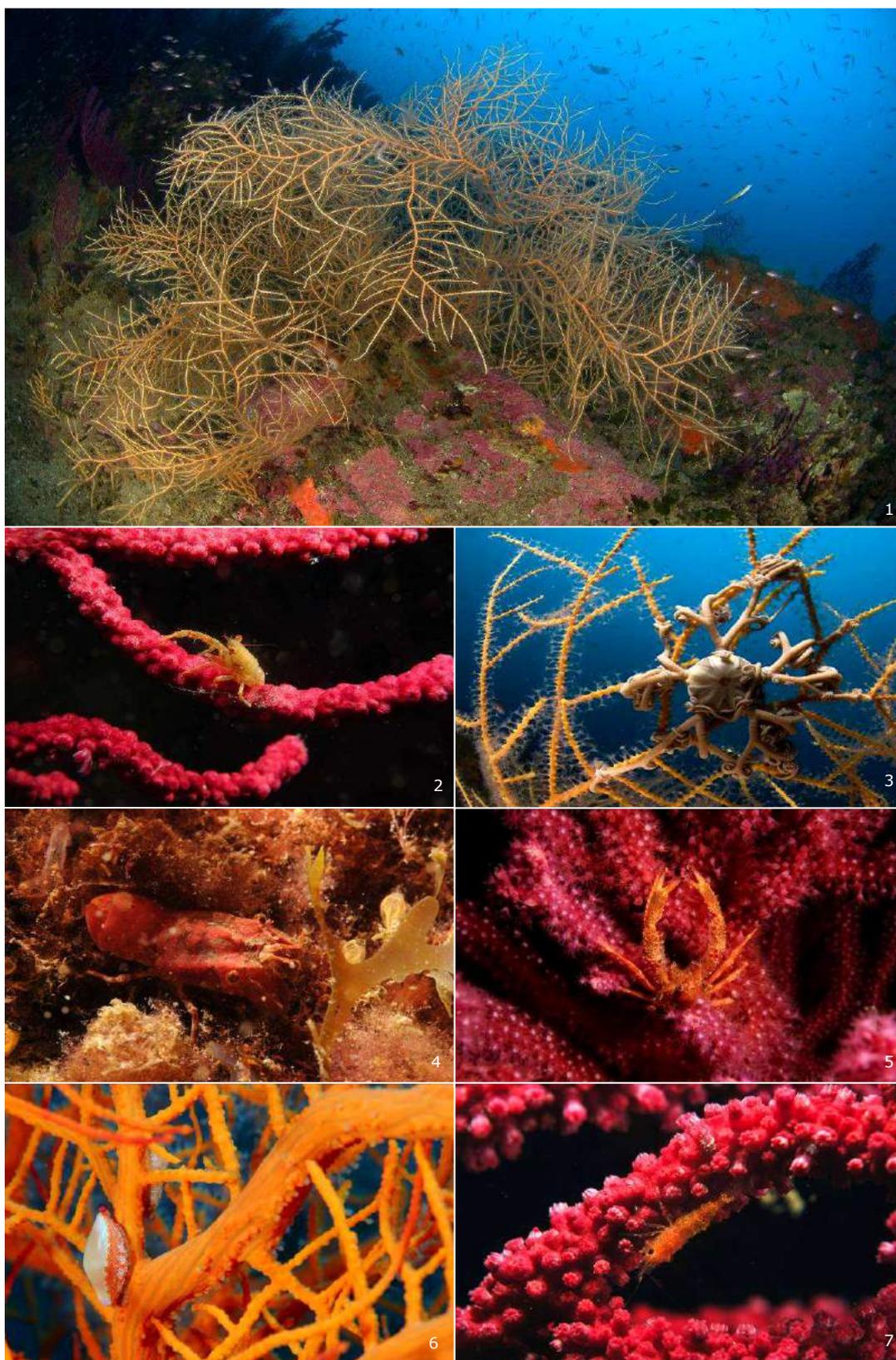


Trypterygion delaisi (1), Girelle commune *Coris julis* (2), *Parablennius pilicornis* (3), Poulpe *Octopus vulgaris* (4) (5), *Coryphella* mauve *Coryphella pedata* sur l'hydraire *Eudendrium rameum*, le petit mollusque *Godiva banyulensis* (7)

III.7.3.3. LES PEUPELEMENTS DU CORALLIGÈNE PROFOND



Les sites de coralligène profond de ce secteur sont majoritairement situés dans la 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 biologique de leurs peuplements. Les peuplements, de Gorgones rouges *Paramuricea clavata* (1), jaune *Eunicella cavolinii* (2), et blanches *E. singularis* (3), colonisent les roches les plus profondes jusque vers 10 m de profondeur, en formant des tapis colorés. Ces peuplements, de densités très importantes, semblent avoir échappés 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. Certaines de ces gorgones sont parfois colonisées par l'alcyonaire encroûtant *Alcyonium coralloides* (4) qui peut recouvrir des axes entiers de ces gorgones. Le Corail rouge (*Corallium rubrum*) (5), 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* (6) l'éponge corne de cerf (jusqu'à 50 cm de haut), espèce remarquable, et des vastes placages de *Parazoanthus axinellae* (7) l'anémone encroûtante jaune, contribuent à rendre ces paysages sous-marins très attrayant pour la plongée sous marine très pratiquée dans ce secteur.



Les grandes gorgones sont un abri pour de nombreuses espèces d'échinodermes, crustacés, mollusques.

La gorgone orange *Lophogorgia ceratophyta* (1), juvéniles de galathée *Galathea strigosa* (2) (5), le gorgonocéphale *Astrospartus mediterraneus* (3), un juvénile de cigale de mer naine *Scyllarus pygmaeus* (4), *Neosimnia spelta* (6), la crevette souris *Balssia gastii*.



Les impacts liés à la pression de pêche ainsi qu'au mouillage sur la zone du Cap Sicié sont bien visibles sur les fonds marins et notamment par la quantité des grandes gorgones retrouvées arrachées sur les fonds. La mise en place des points Submed avec des corps-morts fixes utilisés par les clubs de plongée, nombreux sur cette zone, devrait permettre de minimiser les impacts de ces activités.

Deux points de suivi du coralligène ont été mis en place en 2009, l'un sur la sèche Sicié, le second sur les jardins de l'Arroyo.



Dans le coralligène et en bordure sur le détritique côtier, principalement à proximité du Cap Sicié, des filets abandonnés sont présents.

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.

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 de nombreuses 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. Si ceux-ci présentent un développement moyen sur la face Nord, Nord-Ouest, ils sont par contre bien développés sur la face sud. Les peuplements de Corail rouge (*Corallium rubrum*) 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 mérou brun (*Epinephelus marginatus*), le corb (*Sciaena umbra*) ou encore la grande cigale (*Scyllarides latus*), langoustes (*Palinurus elephas*) et l'oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*). On note une abondance particulière des peuplements de poissons : Sparidés (sars), Scorpaenidés (rascasses, chapons), autour des zones d'éboulis.

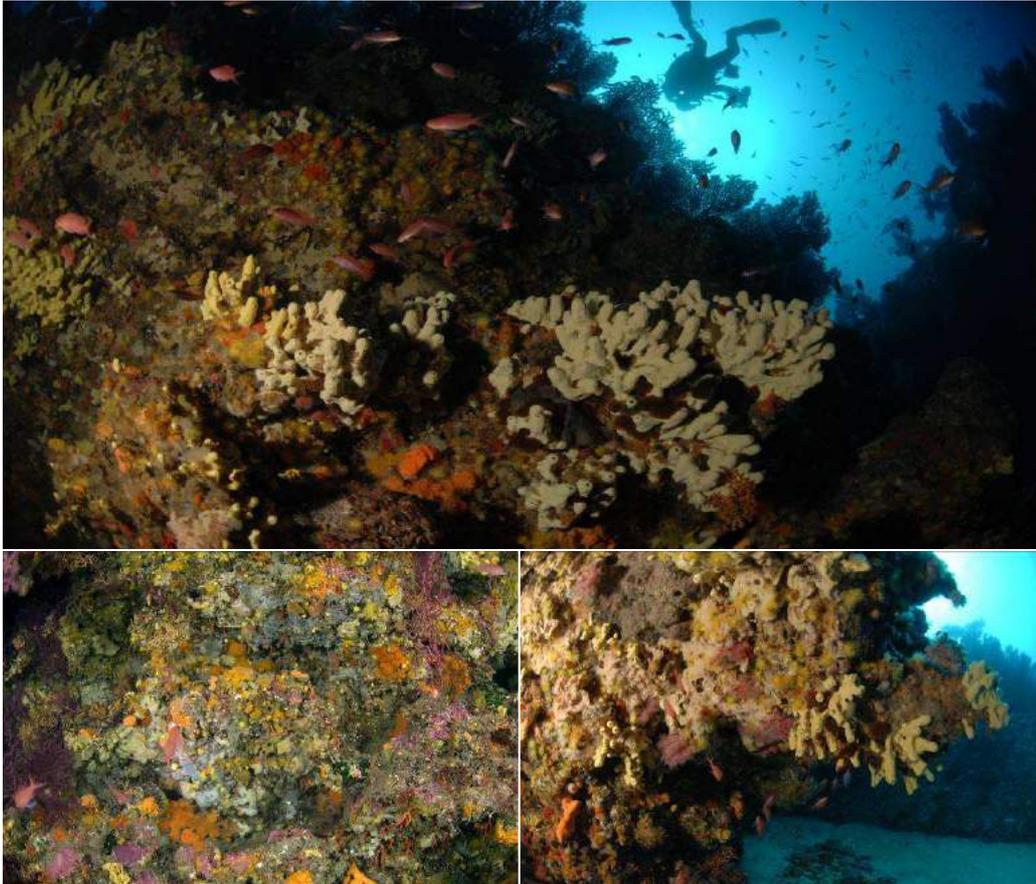


L'Arroyo est un navire citerne, lancé en 1921, et coulé par la Marine Nationale en 1953 pour servir de base d'entraînement aux plongeurs du GERS (Marine Nationale). La poupe gît à 36 m de fond, la proue fracassée sur un écueil rocheux est très dégradée. L'intérêt de l'épave, sur un plan écologique, réside 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.



Si les petits fonds sur le pourtour des deux frères et ceux de la sèche Sicié semblent appauvris en terme de biodiversité, en revanche les fonds dès -15m sont remarquables à la fois sur la sèche Sicié et plus à l'Est des Deux frères aux jardins de l'Arroyo.

Ici à gauche la porcelaine souillée *Erosaria spurca* et à droite le crenilabre ocellé *Symphodus ocellatus*, s'abritant dans une grande gorgone rouge *Paramuricea clavata*



Les tombants de coralligène du jardin de l'Arroyo ainsi que ceux de la sèche Sicié abritent de nombreuses espèces du coralligène et en particulier sous les surplombs des peuplements des grottes semi-obscurées. Ici les faciès à *Corallium rubrum* et à *Agelas oroides*.

On retrouve ainsi les espèces typiques de cet habitat que sont ; Éponges : *Petrosia ficiformis*, *Aplysina cavernicola*, *Oscarella lobularis*, *Agelas oroides*. Zoanthaires : *Parazoanthus axinellae*. Cnidaires : *Caryophyllia inornata*, *Corallium rubrum*, *Leptosammia pruvoti*, *Eudendrium racemosum*. Bryozoaires : *Celeporina caminata*, *Adeonella calveti*, *Turbicellepora avicularis*.

Crustacés : *Lysmata seticaudata*, *Scyllarides latus*, *Scyllarus arctus*. Poissons : la Moustelle de roche (*Phycis phycis*), la Castagnole rouge (*Apoqon imberbis*).



Espèce remarquable du coralligène normalement retrouvée plus en profondeur en raison des prélèvements en plongée, nous avons pu observer cet oursin crayon (*Stylocidaris affinis*) à -30m de fond sur une remontée de Coralligène méconnue des plongeurs. On peut remarquer également sur le bas de l'image à gauche la petite limace assez rare *Limacia claviaera*.



Toutes ces espèces du coralligène sont fixes. Ce sont pourtant des animaux. Le milieu aquatique permet aux animaux de ne pas avoir à se déplacer, si ce n'est aux stades larvaires, la nourriture étant apportée par les courants marins. Cependant si cela évite une dépense d'énergie, une autre se crée, celle de lutter pour l'espace. On observe ainsi notamment chez les éponges une lutte lente à mort pour ne pas se laisser recouvrir.

- (1) L'hexacoralliaire *Hoplangia durotrix* ou corail nain, (2) le corail rouge *corallium rubrum* ainsi que l'éponge épineuse blanche *Pleraplysilla spinifera*, (3) l'éponge encroûtante bleuâtre *Phorbas tenacior*, (4) L'éponge Clathrine jaune *Clathrina clathrus* et le bryzoaire Adéonelle *Adeonella calveti*, (5) L'hexacoralliaire *Leptosammia pruvoti* ou Corail solitaire jaune et l'éponge *Crambe crambe*, (6) L'éponge *Agelas oroides*, (7) Colonie d'*Hoplangia durotrix* dont le calice est colonisé par l'éponge encroûtante *Crambe crambe*, en haut une dentelle de Neptune *Sertella septentrionalis*, (8) L'algue calcaire *Pseudolithophyllum expansum* colonisée par l'éponge *Phorbas tenacior*.

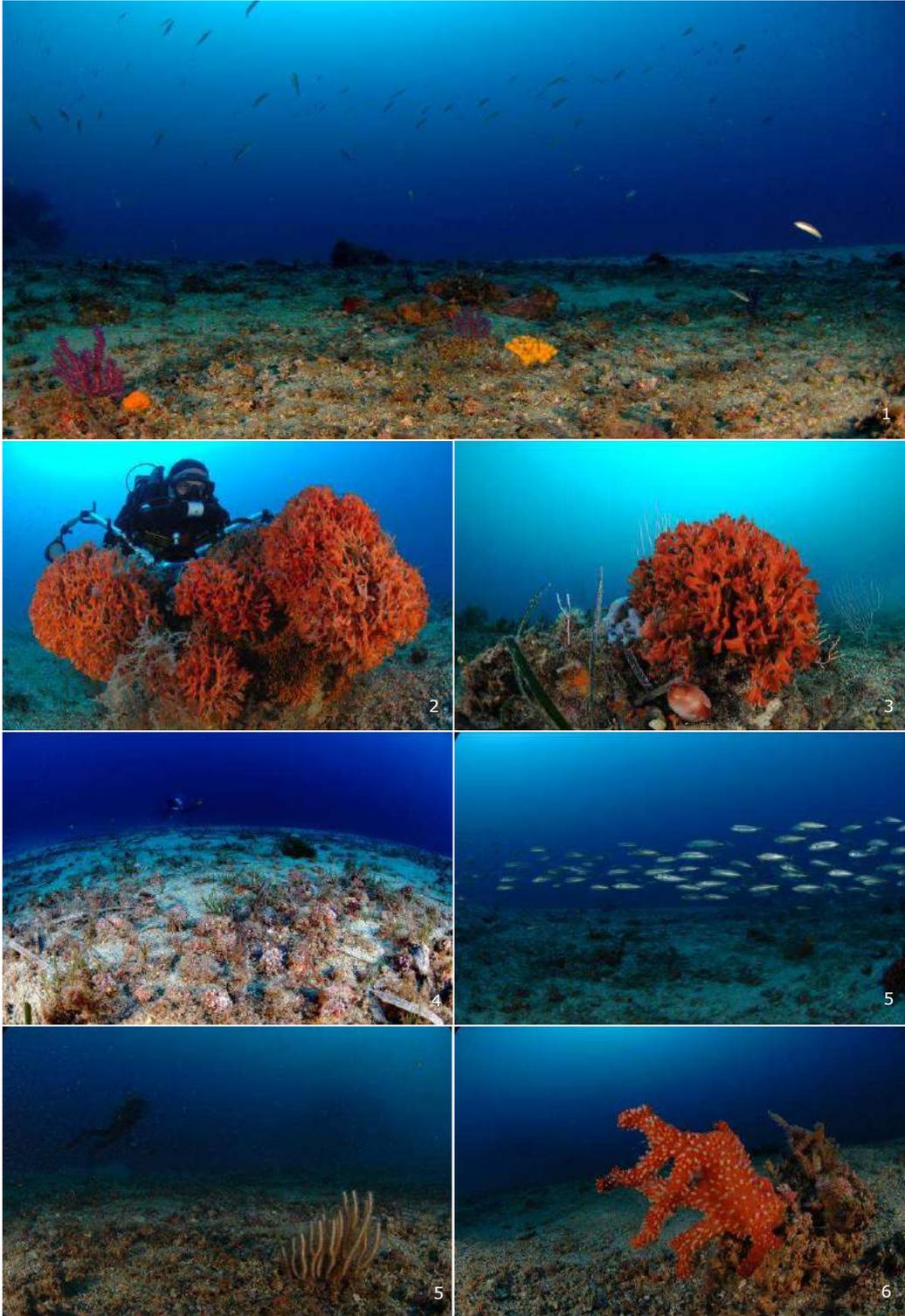
III.7.3.4. LE DETRITIQUE CÔTIER



Le détritique côtier est observé en continuité avec la limite de l'herbier de posidonie ainsi que sur le bas des tombants de coralligène. Il s'étend au-delà de la limite inférieure de la zone d'étude.



Espèce vivant sur les fonds meubles à partir de -40m mais généralement retrouvée plus profond, *Peltaster placenta* ou étoile de mer placentaire est retrouvée en forte densité sur le bas des tombants et au delà dans le détritique côtier.



A proximité des tombants et en particulier de ceux des jardins de l'Arroyo s'étendent des plaines de détritique côtier (1) sur lesquels se développent des peuplements proches du coralligène. (2) (3) De belles formations liées au bryzoaire *Pentapora fascialis* ou rose de mer, (4) des algues rouges calcaires non fixées *Lithothamnium fruticosum* de la famille des Corallinaceae constituent une biocénose particulière du détritique qui est celle du détritique à Rhodolithes. (5) Banc d'athérine *Atherina hepsetus* au dessus du détritique. (6) Plaine du détritique et peuplement à *Eunicella singularis*. (6) Corail mou ne possédant pas de squelette dur mais un hydrosquelette qui se gonfle par l'intermédiaire des siphonozoïdes, espèce sciaphile du circalittoral appelée *Alcyonium palmatum*.

III.7.3.5. ESPECES REMARQUABLES

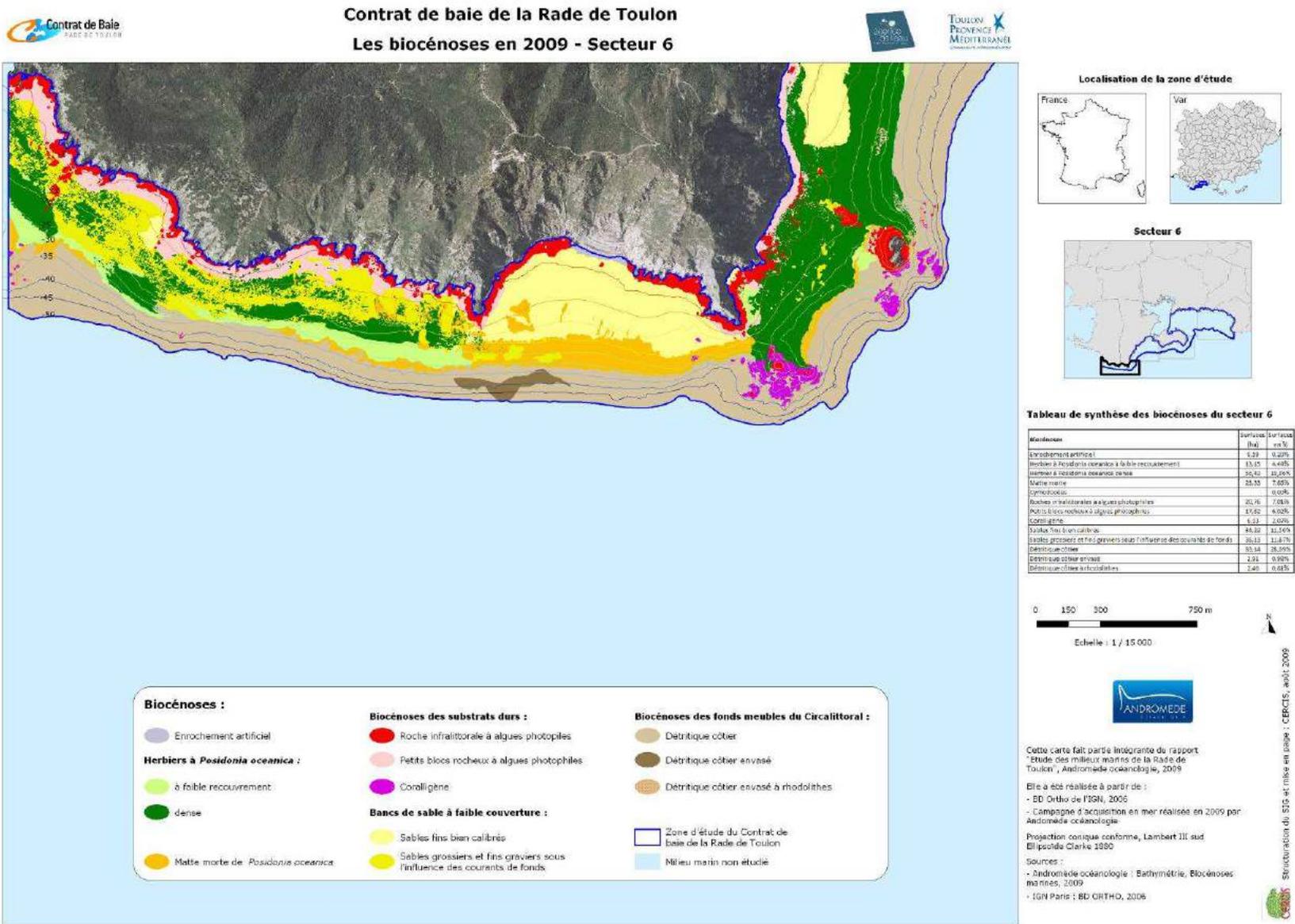
Dix huit espèces protégées ou présentant un statut patrimonial particulier ont été répertoriées dans la zone de Sicié-Deux Frères (Tableau suivant). Leur présence se révèle caractéristique des secteurs de la zone d'étude les plus riches en terme de biodiversité.

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

- Présence des Caulerpales proliférantes

Ni *Caulerpa taxifolia*, ni *Caulerpa racemosa* n'ont été observées dans ce secteur.



III.7.4. CONTEXTE QUALITE DU MILIEU

III.7.4.1. LE MEDIOLITTORAL

Sur les 10,2km de côte de la zone 6, 59,7% du médiolittoral est recouvert de *Cystoseira amentacea*, 20,6% est recouvert d'Ulves et 49% est recouvert de *Lithophyllum byssoides* (46,9% de type I et 2,1% de type II). (Tableau 1)

Zone 6		Classes d'abondance				Présence
Especes	Distance	0	1	2	3	1+2+3
LITHO I	en m	5423	2205	134	2450	4789
LITHO I	en %	53,1	21,6	1,3	24	46,9
LITHO II	en m	9995	217	0	0	217
LITHO II	en %	97,9	2,1	0,0	0,0	2,1
ULVA	en m	8112	200	900	1000	2100
ULVA	en %	79,4	2,0	8,8	9,8	20,6
CYSTO	en m	4118	1359	2810	1925	6094
CYSTO	en %	40,3	13,3	27,5	18,9	59,7

Tableau 1 : Distance et pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea*, de *Lithophyllum byssoides* (types I et II), et des Ulves sur le secteur 6.

Cystoseira compressa* var. *stricta et ***Cystoseira amentacea***
(Chromobiontes, Fucales, Cystoseiracées).

Cystoseira amentacea est présente de façon quasi continue sur la zone 6. Seules les zones autour de la sortie de l'émissaire de la station Amphitria et la zone de plage entre la pointe des Jonquiers et celle du Malpasset en sont démunies. On la trouve principalement en moyenne et forte densité au niveau des avancées rocheuses, fortement exposées à l'hydrodynamisme. Elle est présente en faible densité dans les zones un peu plus calmes. (Carte 1).



Carte 1 : répartition des classes d'abondance des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 6

La distance de recouvrement de *Cystoseira amentacea* en 2009 sur la zone 6 (59,7% de la zone) est inférieure à celle de 2001 (70,4% de la zone). En 2009, les cystoseires ont disparu de la zone autour du rejet de la station d'épuration. En

revanche, on note en 2009 une augmentation de *Cystoseira amentacea* de moyenne et forte densité le long du littoral cette zone. (Tableau X)

Zone 6			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
CYSTO	0	29,6	40,3
CYSTO	1	38,5	13,3
CYSTO	2	19,3	27,5
CYSTO	3	12,6	18,9
CYSTO	1+2+3	70,4	59,7

Tableau 2 : Pourcentage de recouvrement des peuplements de *Cystoseira amentacea* sur le secteur 6 en 2001 et 2009.

- ***Lithophyllum byssoides*** (anciennement *L. lichenoides*), (Rhodobiontes, Corallinacées)

Lithophyllum byssoides est principalement présent sur ce secteur sous la forme de thalles isolés (type I : 46,9% de la côte du secteur 6). Il apparaît tout de même, ponctuellement, sous forme de thalles coalescents (type II : 2,1% de la côte du secteur 6).

Lithophyllum byssoides de type I est largement présente sur le secteur 6. Sa présence est quasi discontinue entre la pointe de l'Eperon et le cap Vieux, puis elle disparaît aux abords du rejet de la station d'épuration (entre le cap Vieux et le cap Sicié). Enfin, elle est ponctuelle à l'est entre le cap Sicié et la pointe du Malpasset. On la trouve principalement en forte densité au niveau des avancées rocheuses, fortement exposées à l'hydrodynamisme. Elle est aussi fortement présente en faible densité dans les zones un peu plus calmes et autour des Deux Frères. (Carte 2)



Carte 2 : répartition des classes d'abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* de type I sur le secteur 6

Lithophyllum byssoides de type II est présente en faible densité sur un peu plus de 200m de côte sur le secteur 6. On la trouve sur deux petites zones, l'une à l'ouest de la Pierre l'Hautel et l'autre sur la façade est des Deux Frères.



Carte 3 : répartition des classes d'abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* de type II sur le secteur 6

La distance de recouvrement de *Lithophyllum byssoides* en 2009 sur la zone 6 (58,6% de la zone) est restée identique à celle de 2001 (60,7% de la zone). Cependant, on note une nette augmentation de *Cystoseira amentacea* de forte densité le long du littoral cette zone.

Comme en 2001, *Lithophyllum byssoides* de type II n'est présente qu'en très faible abondance sur cette zone. (Tableau 3a et 3b)

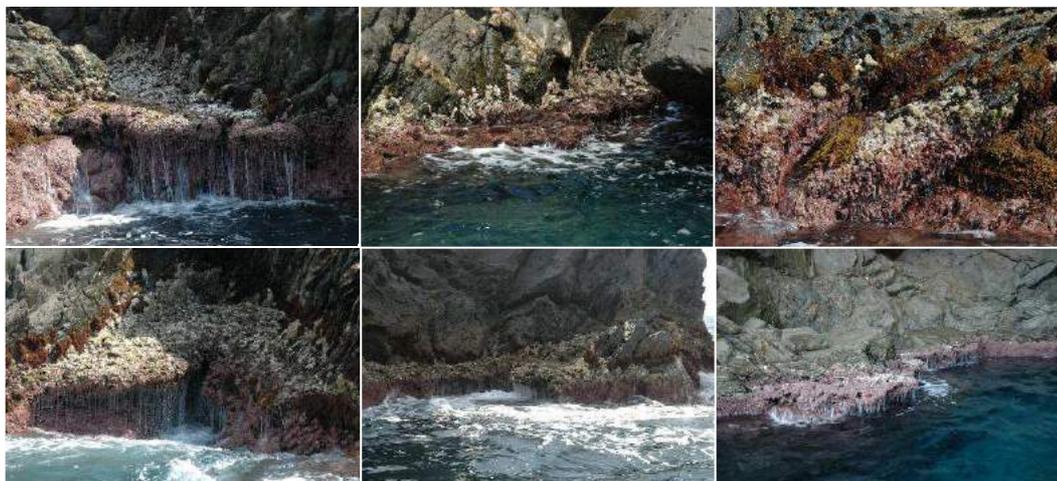
Zone 6			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
LITHO II	0	98,5	97,9
LITHO II	1	1,5	2,1
LITHO II	2	0,0	0,0
LITHO II	3	0,0	0,0
LITHO II	1+2+3	1,5	2,1

Zone 6			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
LITHO I	0	39,3	53,1
LITHO I	1	50,2	21,6
LITHO I	2	7,8	1,3
LITHO I	3	2,6	24
LITHO I	1+2+3	60,7	46,9

Tableau 3a et 3b : Pourcentage de recouvrement des peuplements de *Lithophyllum byssoides* de type I (3a) et de type II (3b) sur le secteur 6 en 2001 et 2009.

Lors de l'étude de 2001 il est noté la présence de 11 encorbellements à *Lithophyllum byssoides* (type III) 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 détaillées dans le tableau ci-après :

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.



Si nous avons retrouvé l'ensemble de ces encorbellements en 2009, ils étaient colonisés par l'algue rouge coralline. On peut donc conclure que ces encorbellements sont des reliques. Il est fortement probable que cette dégradation des encorbellements soit antérieure à 2001, elle peut cependant être liée au rejet avant la mise en service de la station d'épuration.

- **Ulvales**, algues vertes (Chlorobiontes).

Les ulves sont présentes sur le secteur 3, recouvrant un peu plus de 2km de côte soit 20,6% de la zone 6. On les retrouve principalement à l'est. Elles sont présentes en moyenne et forte densités autour de la station AmphitriA et entre la grande pointe des Jonquiers et la petite pointe des Jonquiers.



Répartition des classes d'abondance des peuplements d'Ulves sur le secteur 6

En 2001, aucune présence d'ulves n'avait été rapportée sur ce secteur ce qui paraît peu vraisemblable du fait de l'absence de traitement biologique à cette époque.

La forte augmentation de l'abondance d'ulves sur cette zone observée en 2009 pourrait être due à une lacune dans l'échantillonnage en 2001 ou au fait que l'échantillonnage 2001 a été réalisé en période hivernale, saison particulièrement défavorables à ces algues.

Zone 6			
Espèce	Classe Abondance	2001	2009
ULVA	0	100,0	79,4
ULVA	1	0,0	2,0
ULVA	2	0,0	8,8
ULVA	3	0,0	9,8
ULVA	1+2+3	0,0	20,6

Pourcentage de recouvrement des peuplements d'ulves sur le secteur 6 en 2001 et 2009.

**III.7.4.2. SUIVI DE LA LIMITE INFÉRIEURE
DE L'HERBIER DE POSIDONIE PAR
TELEMETRIE ACOUSTIQUE**

Lieu	Site Natura 2000
Latitude	43°02'704 N
Longitude	5°50'382 E
Morphologie générale de l'herbier	Herbier discontinu en mosaïque
Type de limite	Limite inférieure régressive
Profondeur	30,8m
Présence de structures érosives	Tombant de matte morte de 70cm de haut orienté Est-Ouest.
Type de substrat	Détritique côtier et matte morte
Proportion de rhizomes plagiotropes	5%

Densité

Parmi les 39 relevés effectués au niveau de la zone, les valeurs de densité de l'herbier de Posidonie s'échelonnent de 50 à 225 faisceaux/m², la densité moyenne sur l'ensemble des relevés s'élève à 127,6 faisceaux/m².

D'après le modèle de classification des densités présenté dans PERGENT & al. (1995), la densité moyenne de faisceaux obtenue sur l'ensemble des relevés est identifiée comme densité normale.

Taux de recouvrement

Le recouvrement moyen de l'herbier de Posidonie estimé au niveau du balisage installé s'élève à 20%. Le recouvrement présente des valeurs moyennes et hétérogènes suivant le système de classification de Réseau de Surveillance Posidonie (CHARBONNEL & al., 2000).

L'herbier en limite inférieure présente donc un recouvrement faible.

Déchaussement

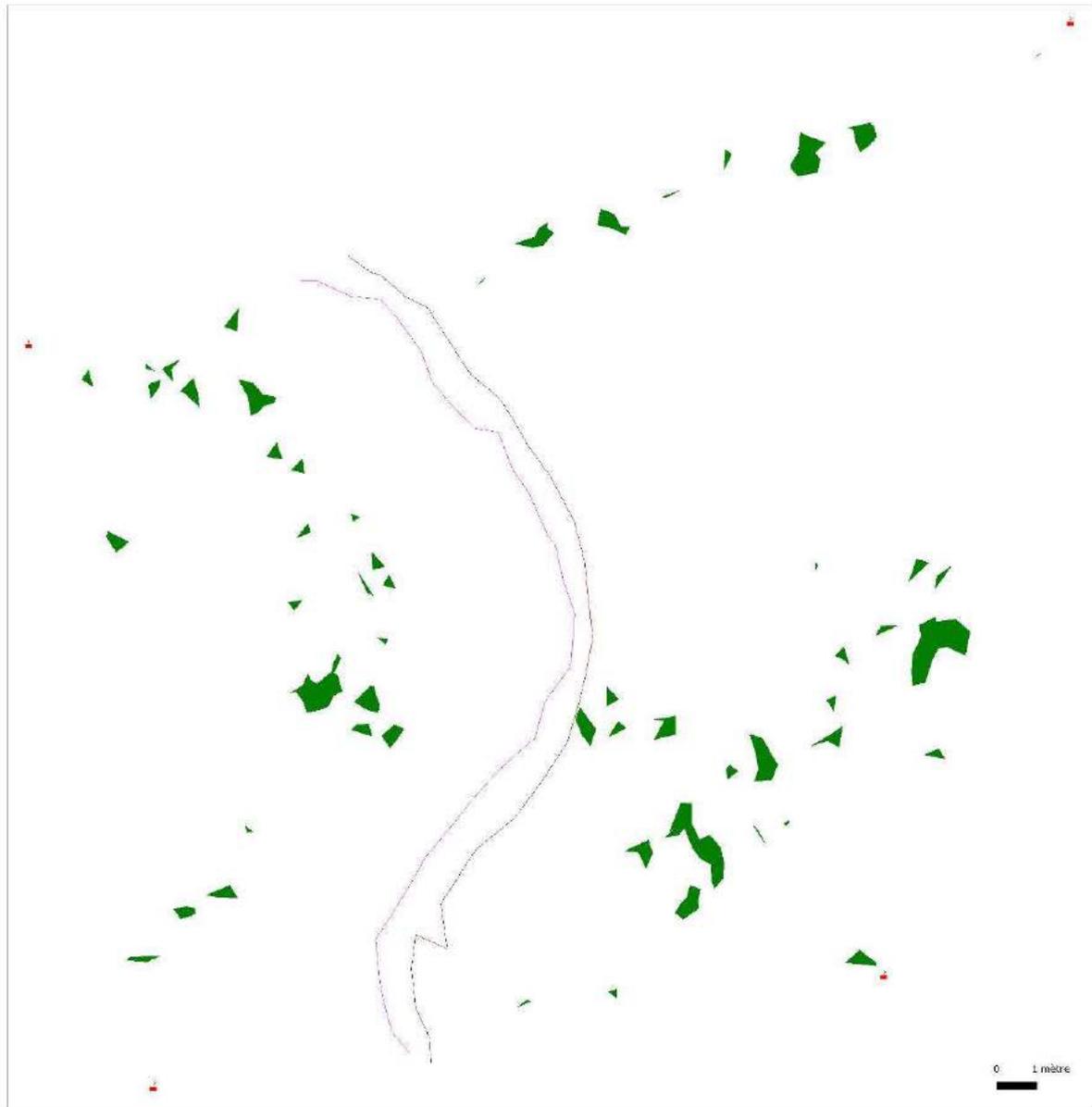
Parmi les 39 relevés effectués les valeurs de déchaussement des rhizomes évoluent de 0 à 3 cm. Le déchaussement moyen atteint 0,08 cm. Suivant la classification adoptée par le Réseau de Surveillance Posidonie (CHARBONNEL & al., 2000), le déchaussement est faible voire inexistant.

En conclusion, l'herbier de la limite supérieure présente une densité normale avec un taux moyen de recouvrement faible et un déchaussement faible.

Quadrat N°	Profondeur (m)	Nbre faisceaux 0,04m2	Nbre Faisceaux 1m2	Déchaussement (cm)
1	28,7	3	75	0
2	28,7	4	100	0
3	28,6	2	50	0
4	28,6	7	175	0
5	28,7	2	50	0
6	28,6	3	75	0
7	28,7	5	125	0
8	28,7	3	75	0
9	28,6	6	150	0
10	28,5	4	100	0
11	28,5	3	75	0
12	28,5	9	225	0
13	28,4	6	150	0
14	28,3	9	225	0
15	28,4	3	75	0
16	28,4	7	175	0
17	28,5	5	125	0
18	28,6	5	125	0
19	28,8	8	200	0
20	28,9	7	175	0
21	29	9	225	0
22	29,1	6	150	0
23	29	6	150	0
24	29,2	8	200	0
25	29,2	4	100	0
26	28,6	7	175	0
27	29,7	7	175	0
28	29,1	4	100	0
29	30,1	7	175	0
30	30,2	3	75	0
31	30,1	3	75	0
32	30,6	4	100	0
33	30,5	6	150	0
34	30,8	7	175	0
35	30,3	3	75	0
36	30,2	3	75	0
37	30,5	2	50	0
38	30,6	4	100	0
39	30,8	5	125	3
Moyenne		5,102564103	127,5641026	0,076923077



Contrat de baie de la Rade de Toulon
Herbiers de posidonie cartographiés par télémétrie acoustique
Point de suivi Sicié



-  Piquets
-  Taches de posidonies
-  Bas du tombant de matie morte
-  Haut du tombant de matie morte
-  Site Natura 2000 Cap Sicié - Six Fours, FR5301610



Cette carte fait partie intégrante du rapport "Etude des milieux marins de la Rade de Toulon", Andromède océanologie, 2009

Structuration du SITT de mise en page : CEFACS, octobre 2009



III.7.4.3. SUIVI DU CORALLIGÈNE

Cette étude se focalise sur la caractérisation de cet habitat et pour l'évaluation de son état de conservation. L'effort de caractérisation ne porte pas sur la totalité du linéaire côtier mais sur des zooms préalablement définis.

Deux sites ont ainsi été sélectionnés : L'un au niveau de la sèche du cap Sicié, un autre au niveau du site des « Jardins de l'Arroyo », à proximité des Deux Frères.

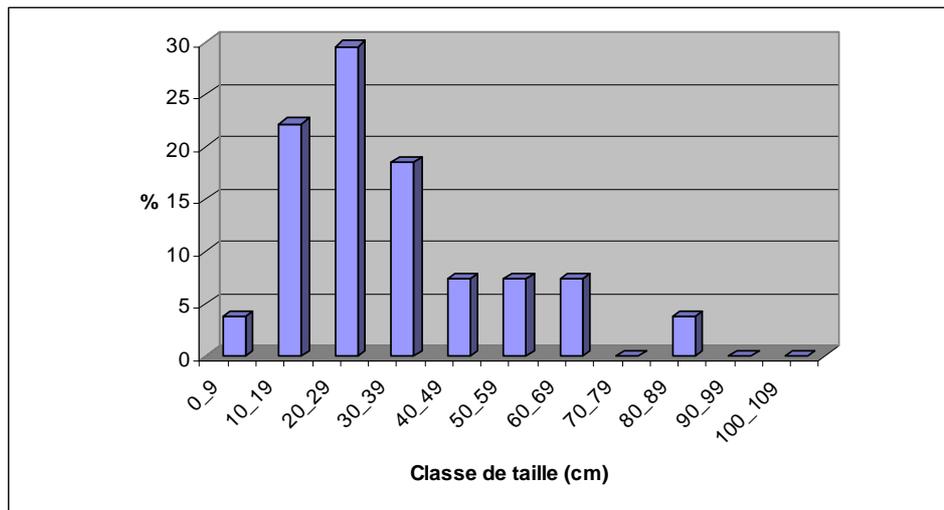
Site de la Sèche du cap Sicié :

Lieu	Sèche du cap Sicié
Latitude	3,526056
Longitude	43,043271
Caractéristiques physiques du site	coralligènes sur massif rocheux
Pente	50°
Orientation	Est
Profondeur	25 m
Risque potentiel de dégradation des peuplements de coralligènes	Site très fréquenté par des plongeurs

Etat de vitalité du coralligène :

- Classe de taille

27 colonies ont été observées et mesurées au niveau de cette zone. Les dimensions s'échelonnent de 9 à 80 cm de longueur avec une moyenne de 31,4 cm, et de 7 à 80 cm de largeur avec une moyenne de 33,5 cm.



Histogramme des fréquences des classes de taille des peuplements de *Paramuricea clavata* étudiés sur la Sèche du cap Sicié à -25m.

Les classes de taille sont presque toutes représentées. La classe de taille 70-79 cm ainsi que les plus grandes classes de taille 90-99 cm et 100-109 cm sont absentes de cette station.

Ce site est caractérisé par une distribution de type normal décalée vers les petites classes de taille, le maximum étant situé dans les classes de taille de 10 à 39 cm.

Cette distribution n'est pas régulière ; on note, en effet, des irrégularités au niveau de la classe de taille 40-49, ainsi qu'un faible pourcentage de jeunes individus.

- Taux de Nécrose

Parmi les 27 colonies observées au niveau de cette zone, seule une d'entre elles, de grande taille (65cm de longueur sur 80cm de largeur) possédait un taux de nécrose compris entre 1 et 10%.

Le taux naturel de nécrose chez *Paramuricea clavata* est généralement compris entre 0 et 10%. Ce site ne présente donc pas de signe de dégradation.

- Colonisation

La nécrose observée sur une seule des colonies du site de la Sèche du cap Sicié est une nécrose récente, car non colonisée par d'autres organismes.

Mesures brutes Site de la Sèche du cap Sicié

N°	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Nécrose (classe)	Profondeur (m)
1	15	13		25
2	37	45		
3	65	80	5N	
4	40	25		
5	25	30		
6	10	8		
7	27	22		
8	10	8		
9	19	16		
10	9	7		
11	80	80		
12	15	16		
13	17	25		
14	20	23		
15	60	80		
16	50	60		
17	30	28		
18	28	27		
19	27	27		
20	42	40		
21	53	54		
22	24	28		
23	30	35		
24	32	30		
25	36	40		
26	25	29		
27	22	28		
Moyenne	31,4074074	33,4814815		
Ecart Type	17,6357575	21,0043409		

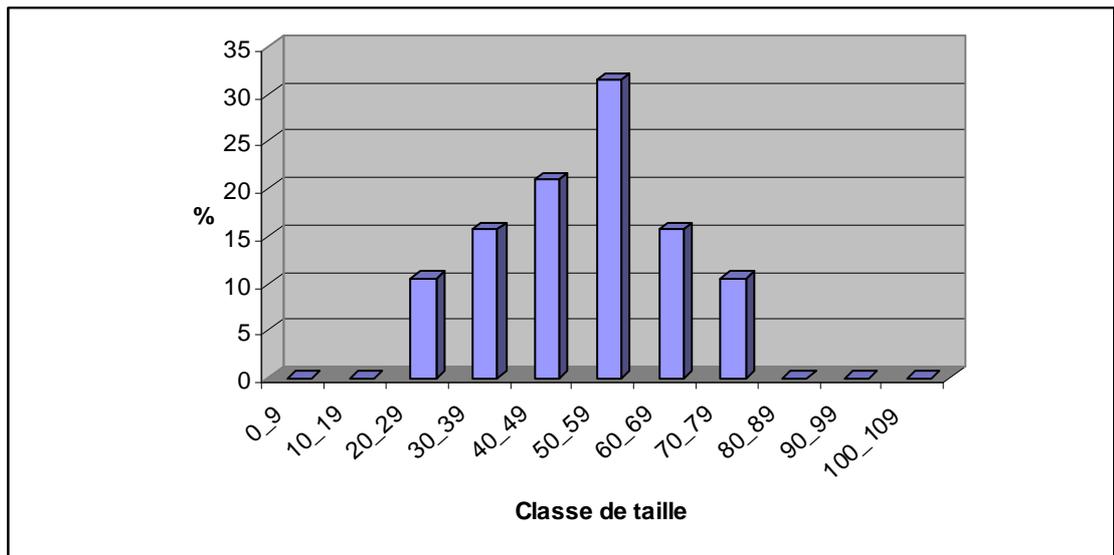
Site des Deux Frères :

Lieu	Jardins de l'Arroyo à proximité des Deux Frères
Latitude	3,533563
Longitude	43,048348
Caractéristiques physiques du site	coralligènes sur massif rocheux
Pente	40
Orientation	S-O
Profondeur	32 m
Risque potentiel de dégradation des peuplements de coralligènes	Site très fréquenté par des plongeurs

Etat de vitalité du coralligène :

- Classe de taille

20 colonies ont été observées et mesurées au niveau de cette zone. Les dimensions s'échelonnent de 28 à 75 cm de longueur avec une moyenne de 48,3 cm, et de 15 à 105 cm de largeur avec une moyenne de 42,2 cm.



Histogramme des fréquences des classes de taille des peuplements de *Paramuricea clavata* étudiés sur le site du Jardin de l'Arroyo à 32m.

Les classes de taille sont toutes représentées entre 20 et 79 cm. Les plus petites classes de taille 0-9 cm et 10-19 cm ainsi que les plus grandes classes de taille 80-89 cm, 90-99 cm et 100-109 cm sont absentes de cette station.

Ce site est caractérisé par une distribution de type normal, le maximum étant situé dans les classes de taille de 40 à 69 cm. Cette distribution est régulière.

• Taux de Nécrose

Parmi les 20 colonies observées au niveau de cette zone, 17 possèdent un taux de nécrose compris entre 1 et 10 % (soit 85 % des colonies), une possède un taux de nécrose compris entre 11 et 25 % (soit 5 % des colonies) et deux possèdent un taux de nécrose compris entre 51 et 75 % (soit 10 % des colonies).

Aucune relation n'a pu être établie entre le taux de nécrose et la taille de la colonie.

Le taux naturel de nécrose chez *Paramuricea clavata* est généralement compris entre 0 et 10%. Seules 15 % des colonies présentes sur ce site montrent des signes de dégradation.

• Colonisation

Les nécroses observées sur les 15 % de colonies fortement nécrosées du site du Jardin de l'Arroyo sont relativement anciennes, car colonisées par des algues et des bryozoaires.

Mesures brutes Site des Deux Frères

N°	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Nécrose (classe+type)	Profondeur (m)
1	73	105	5	32
2	60	55	5	
3	55	60	5	
4	60	50	5	
5	55	48	4c	
6	75	40	2c	
7	60	45	5	
8	55	45	5	
9	35	45	5	
10	28	18	5	
11	50	40	5	
12	40	20	5	
13	40	50	5	
14	30	40	5	
15	50	35	5	
16	50	38	5	
17	42	30	5	
18	28	15	5	
19	45	20	2c	
20	35	45	5	
Moyenne	48,3	42,2		
Ecart Type	13,7232036	19,4059134		

- Présence des Caulerpales proliférantes

Ni *Caulerpa taxifolia*, ni *Caulerpa racemosa* n'ont été observées dans ce secteur.

III.7.5. EVOLUTION DES BIOCENOSES

Evolution des herbiers de posidonie entre 2001 et 2009 – Secteur 5	Surface (ha)	Surface (%)
Progression des posidonies denses	21,59	21,80
Posidonies éparses devenues denses	6,28	6,34
Progression des posidonies éparses	11,71	11,83
Régression des posidonies denses	0,83	0,84
Régression des posidonies éparses	0,37	0,37
Posidonies denses devenues éparses	0,97	0,98
Régression incertaine des posidonies	21,62	21,83
Posidonies denses stables	35,09	35,44
Posidonies éparses stables	0,56	0,57

L'évolution depuis 2001 montre un herbier stable à 36,01%, en progression de 39,97% avec cependant une régression de sa surface de 2,19%.

On observe également une régression dite incertaine des herbiers de posidonie estimée à 21,83%. Ce sont des zones de régression sur lesquelles nous n'avons pas observé de matte morte.

La progression observée sur ce secteur est importante et concerne essentiellement une progression de la limite inférieure qui aurait ainsi gagné environ 25 hectares. Cette évolution est cependant à tempérer d'autant plus qu'elle ne correspond pas aux taux de croissance de l'herbier de posidonie. La mise en place d'un suivi de cette limite par télémétrie acoustique, lequel nous permettra d'évaluer les évolutions au centimètre, nous permettra de préciser le pourcentage de progression éventuel.

Entre la pointe de l'Eperon et le cap Sicié, l'herbier de posidonie présente des signes d'une régression passée, tant le long de sa limite inférieure que de sa limite supérieure. Cette régression semble néanmoins terminée et il est possible que suite aux améliorations des rejets grâce à la mise en service de la station d'épuration on puisse observer une reprise de l'herbier de posidonie sur ce secteur. Dans la baie de Sicié, sous l'influence directe du rejet de l'émissaire urbain l'herbier de posidonie a cependant complètement disparu. Les premières touffes de posidonie n'apparaissent 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, ce chiffre reste à relativiser, nous comptons actuellement 23 ha de matte morte sur ce secteur. A l'Est du cap Sicié,

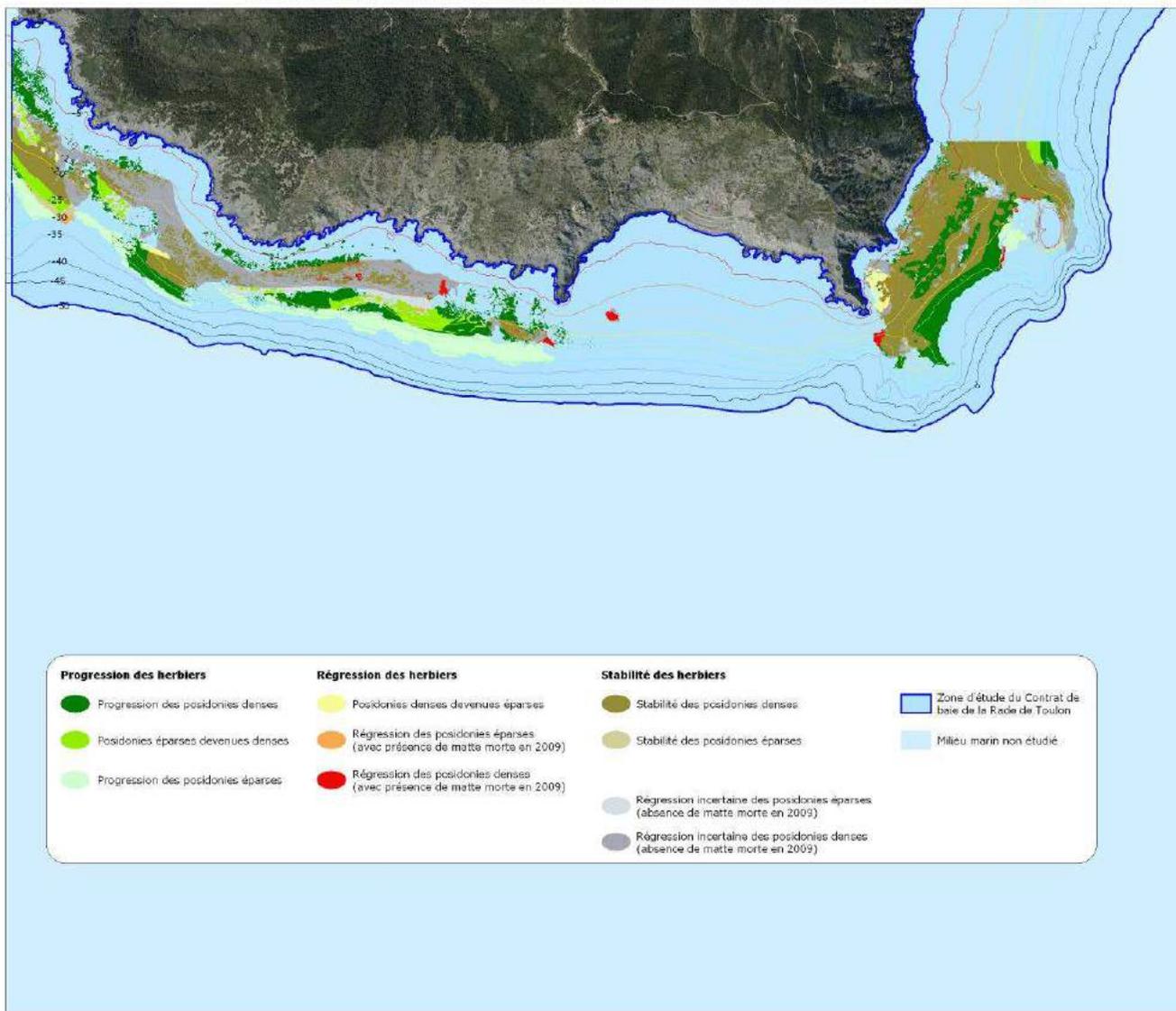
l'herbier de posidonie présente des signes de bonne vitalité et une extension bathymétrique conforme à celles rencontrées d'une manière générale en Méditerranée occidentale. Sa limite inférieure, franche, ainsi que sa limite supérieure ne présentent pas de signes de régression.

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). Les observations réalisées sur le coralligène a permis d'estimer à moins de 10 % le taux de nécroses sur les peuplements de *P. clavata*. 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.

En revanche les peuplements à algues photophiles à proximité de l'émissaire, sur la sèche Sicié ainsi qu'aux pieds des deux frères sont particulièrement peu diversifiés et montrent tous les signes d'une dégradation liée à l'émissaire et en particulier au rejet en fond de baie qui occasionne une accumulation d'eau douce en surface. L'étude de la bibliographie semble néanmoins montrer une amélioration des peuplements du médiolittoral à proximité du rejet et ce depuis la construction de la station d'épuration.

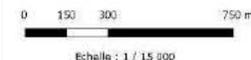


Contrat de baie de la Rade de Toulon Evolution des herbiers de Posidonies entre 2001 et 2009 - Secteur 6



Synthèse de l'évolution des herbiers du secteur 6

Evolution	Surfaces (ha)	Surfaces (%)
Progression des posidonies denses	21,69	21,84%
Posidonies éparées devenues denses	0,95	0,94%
Progression des posidonies éparées	31,73	31,83%
Régression des posidonies denses avec présence de matte morte en 2009	0,82	0,84%
Posidonies denses avec absence de matte morte en 2009	18,34	18,21%
Régression des posidonies éparées avec présence de matte morte en 2009	0,37	0,36%
Posidonies éparées avec absence de matte morte en 2009	4,04	4,01%
Posidonies denses devenues éparées	0,97	0,98%
Posidonies denses à abîm	20,69	20,44%
Posidonies éparées stables	0,35	0,34%



Echelle : 1 / 15 000



Cette carte fait partie intégrante du rapport "Etude des milieux marins de la Rade de Toulon", Andromède océanologie, 2009

Elle a été réalisée à partir de :

- BD Ortho de l'IGN, 2006
- Campagne d'acquisition en mer réalisée en 2009 par Andromède océanologie

Projection conique conforme, Lambert III sud Ellipsoïde Clarke 1880

Sources :

- Andromède océanologie : Bathymétrie, Biocénoses marines, 2009
- IGN Paris : BD ORTHO, 2006

Structuration du SIE et mise en page - CERCS, octobre 2009

IV. CONCLUSION

IV.1. CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSES

Si la rade de Toulon constitue un espace sociétal cohérent qui dispose d'une identité forte s'appuyant sur une histoire riche, il convient de souligner qu'en ce qui concerne la répartition et la qualité des biocénoses marines, le secteur est marqué par une très forte hétérogénéité.

Ainsi sur ce secteur géographique restreint, rencontre-t-on des zones de substrat meuble et rocheux, des zones de mode calme ou au contraire soumises à un très fort hydrodynamisme. Cette diversité géomorphologique entraîne bien évidemment une biodiversité importante qu'il convient de protéger, d'autant que le premier constat fait lorsque l'on regarde la carte des biocénoses est l'exigüité de la frange infralittorale, mince trait de vie entre le bord de mer et les plaines quasi-désertiques sablo-vaseuses du circalittoral au delà de 40m.

La cartographie et les outils d'informations géographiques utilisés pour cette étude mettent en exergue cette situation :

- 📍 L'herbier de posidonie, considéré comme l'écosystème pivot de la méditerranée, ne s'étend que sur 763 ha du petit Gaou jusqu'au Cap Carqueiranne.
- 📍 Le coralligène qui fait le bonheur des plongeurs sous-marins et constitue l'habitat d'espèces aussi emblématiques que le corail rouge ou le mériau ne s'étend que sur 12,4 ha sur le même périmètre.
- 📍 La biocénose de la roche infralittorale à algues photophiles, qui constitue aussi un réservoir de biodiversité et un site majeur dans le cycle biologique de nombreuses espèces de poissons s'étend sur moins de 100 ha.

Biocénoses	Surfaces (ha)	Surfaces en %
Enrochement artificiel	8,93	0,27%
Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> à faible recouvrement	99,65	2,99%
Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> dense	664,48	19,92%
Matte morte	473,48	14,19%
Cymodocées	1,69	0,05%
Roches infralittorales à algues photophiles	93,76	2,81%
Petits blocs rocheux à algues photophiles	66,93	2,01%
Coralligène	12,38	0,37%
Sables fins bien calibrés	240,28	7,20%
Sables grossiers et fins graviers sous l'influence des courants de fonds	75,58	2,27%
Détritique côtier	1018,46	30,53%
Détritique côtier envasé	533,48	15,99%
Détritique côtier à rhodolithes	2,40	0,07%
Vases terrigènes côtières	44,14	1,32%

IV. 2. ETAT DES BIOCENOSES

En ce qui concerne l'état des biocénoses, on constate de grandes différences entre le secteur du fond de rade d'une part et les secteurs du cap Sicié et du cap Carqueiranne d'autre part :

- Les biocénoses du fond de rade sont impactées par les activités humaines et restent à ce jour soumises à de fortes pressions (caulerpales proliférantes ; envasement et turbidité de l'eau, rejets dessalés ; destruction mécanique du fait des arts trainants) ;
- Les biocénoses de l'extérieur de la rade sont de vitalité correctes et leur dynamique stabilisée après de vastes épisodes de régression.
- On observe localement des points de très grand intérêt, en particulier dans le périmètre du site Natura 2000 « Cap Sicié » (Sèche Sicié, Jardins de l'Arroyo).
- Localement on observe des zones d'impact éloignées des zones urbanisées. Les alentours du rejet d'AmphitriA par exemple, sont impactés par les apports d'eaux douces qui ont bouleversé les communautés du médiolittoral et de l'infra-littoral supérieur. Dans un autre domaine, de nombreux obus et minutions encombre les fonds aux alentours de Carqueiranne.
- Tout au long de la limite inférieure de l'herbier au nord de la rade, l'impact des arts trainants est visible sur l'herbier, et participe à sa dégradation.

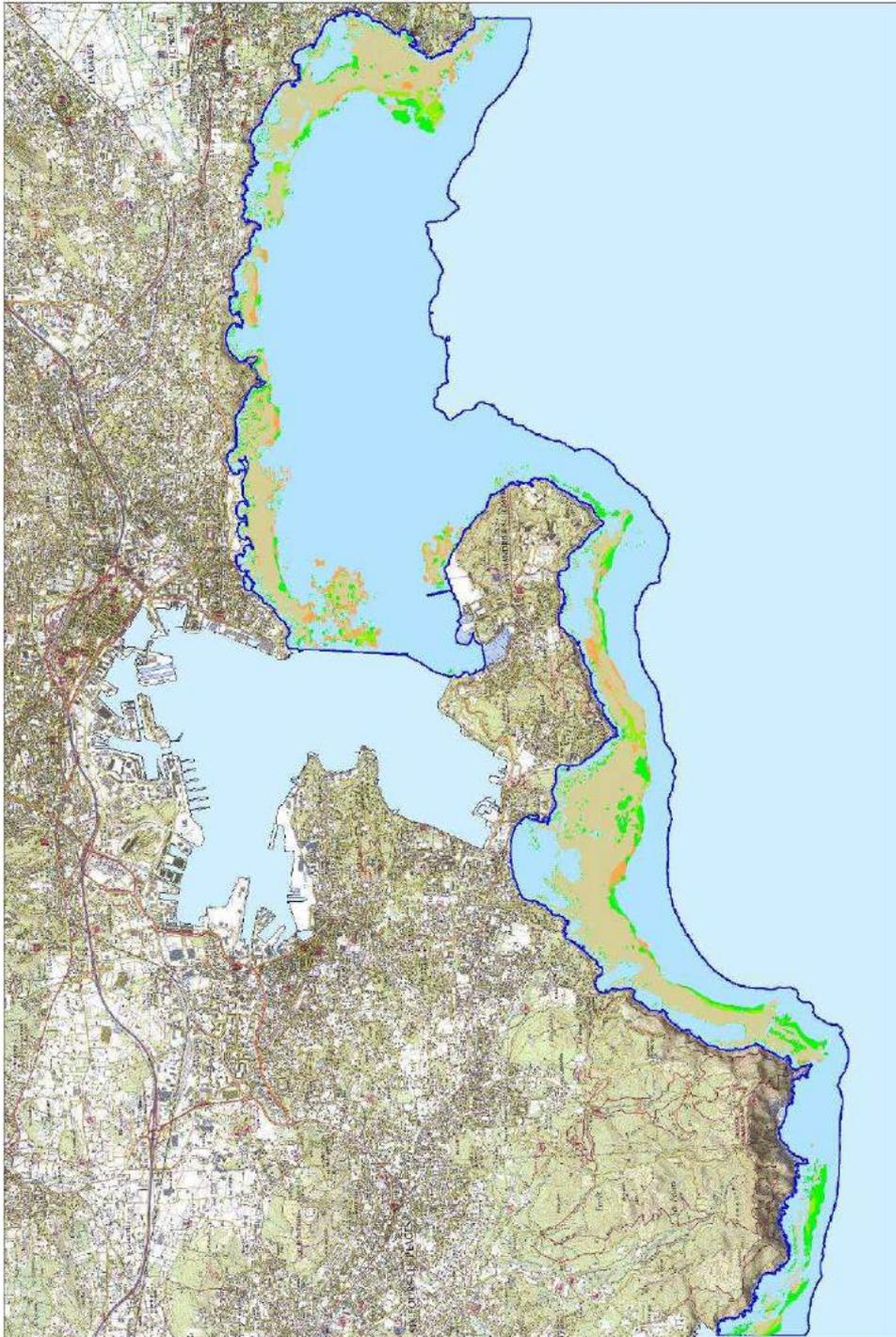
IV. 3. EVOLUTION DES BIOCENOSES

La cartographie met en lumière l'ampleur du phénomène de régression de l'herbier durant ce siècle. D'un herbier de posidonie de plus de 1200 ha (surface vraisemblablement sous-estimée) il ne reste aujourd'hui que 764 ha soit une régression de près de 40%.

La comparaison avec la cartographie de 2001, permet néanmoins de montrer que cet épisode de régression s'est considérablement ralenti, voir s'est arrêté à l'échelle de la zone d'étude. En effet la comparaison entre les cartographies de 2001 et 2009 donne un herbier stable à régression sur 9% de sa surface. La précision cartographique ayant considérablement augmenté dans cet intervalle de temps, ces chiffres sont à prendre avec beaucoup de précautions mais tendent à montrer une stabilité globale de l'herbier, qui constitue un puissant intégrateur de la qualité de l'environnement marin en général.

Evolution	Surfaces (ha)	Surfaces (%)
Progression des herbiers de Posidonies	253,58	27%
Régression des herbiers de Posidonies	85,71	9%
Stabilité des herbiers de Posidonies	591,83	64%

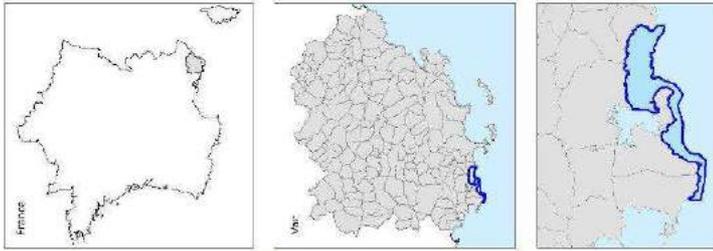
Contrat de baie de la Rade de Toulon
Evolution des herbiers de Posidonies entre 2001 et 2009



Synthèse de l'évolution des herbiers

Evolution	Surfaces (ha)	Surfaces (%)
Progression des herbiers de Posidonies	235,28	27%
Régession des herbiers de Posidonies	85,71	9%
Stabilité des herbiers de Posidonies	595,03	64%

- Progression des herbiers de Posidonies
- Régession des herbiers de Posidonies
- Stabilité des herbiers de Posidonies
- Zone d'étude du Contrat de Baie de la Rade de Toulon
- Mer le plus loin non étudié



Cette carte fait partie intégrante du rapport
"Etude des milieux marins de la Rade de
Toulon", Nationalité Océanologie, 2009
Elle a été réalisée à partir de :
- BD Cartho de TIGHU, 2006
- Campagnes d'acquisition en mer réalisées
en 2009 par ANCIROMED Océanologie
Projection cartographique conforme, Lambert III (sud
Ellaipse de Clarke 1959)
Sources :
- Contrat de Baie Rade de Toulon - Zone
d'étude, 2009
- JGU Paris : BD TOPO, Scan 35, 2004
- Andromède océanologie : Herbiers
de Posidonies, 2009

