

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.

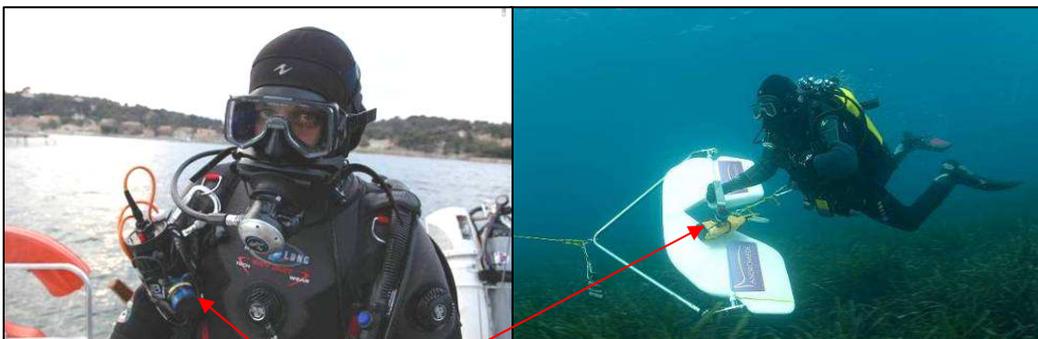


▪ Méthodologie du « Transect plongeur audio »

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

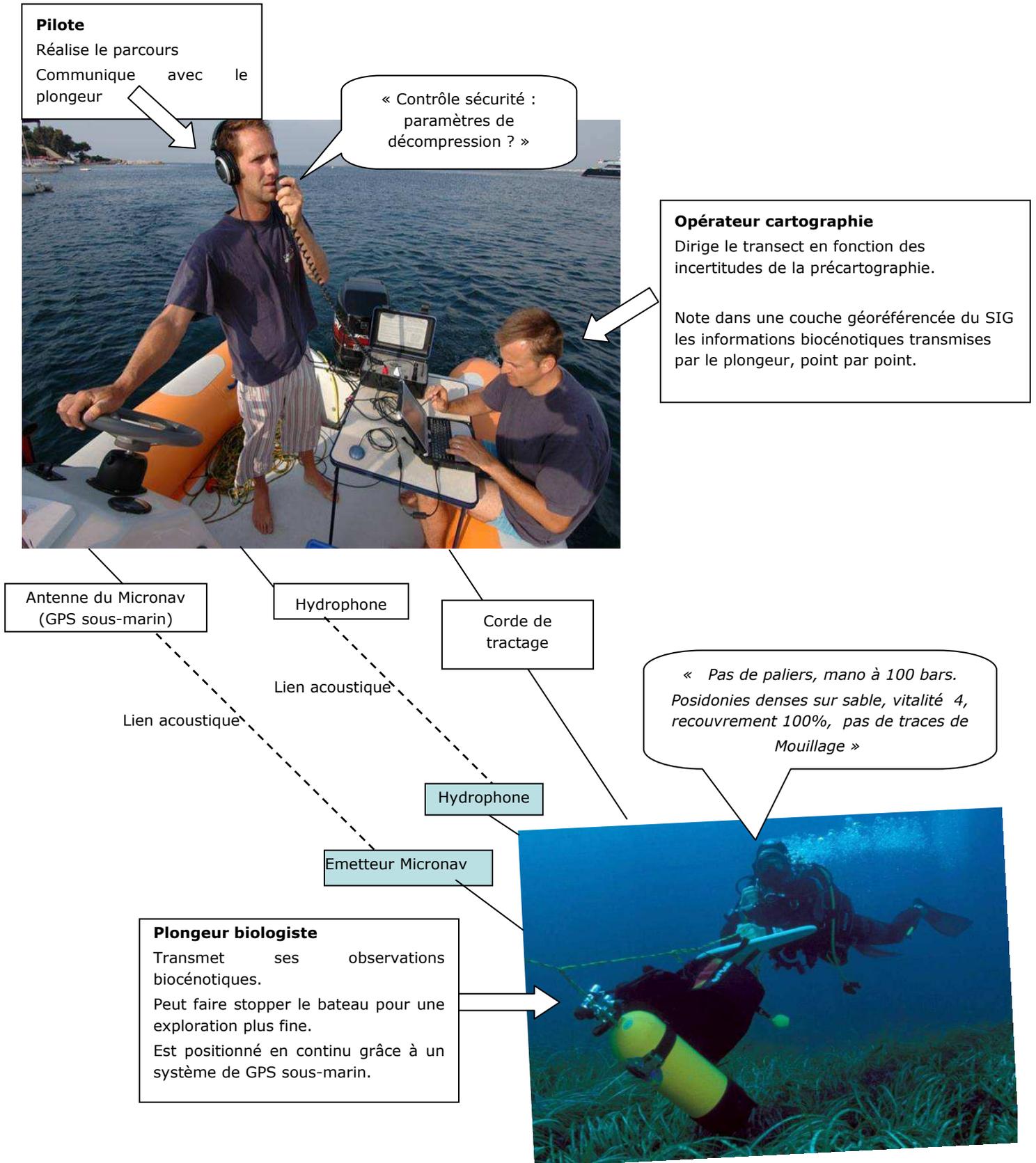


Figure 15 : principe du transect plongeur audio

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.

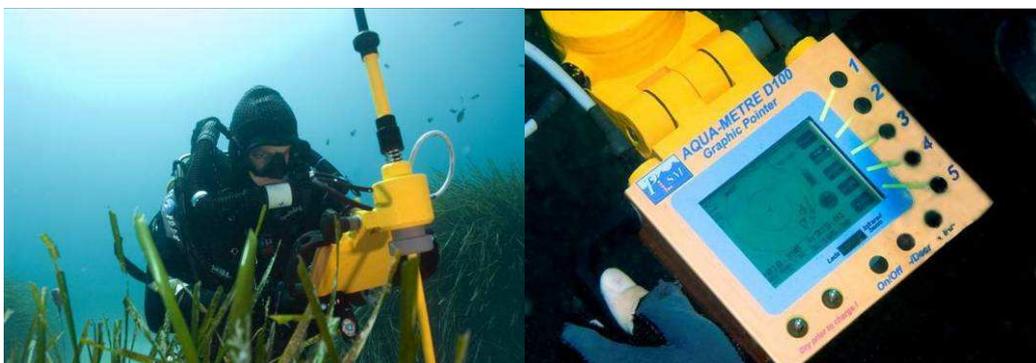


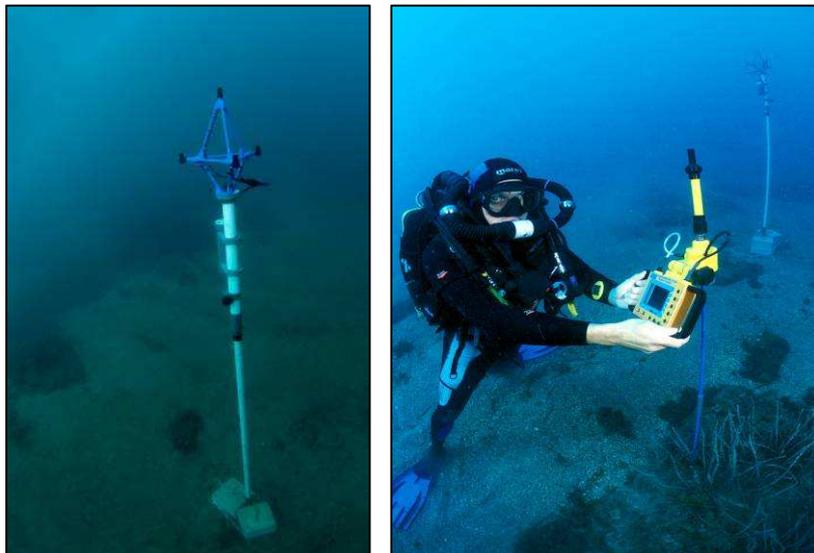
Figure 16 : pointeur acoustique de l'aquamètre D100

Méthodologie

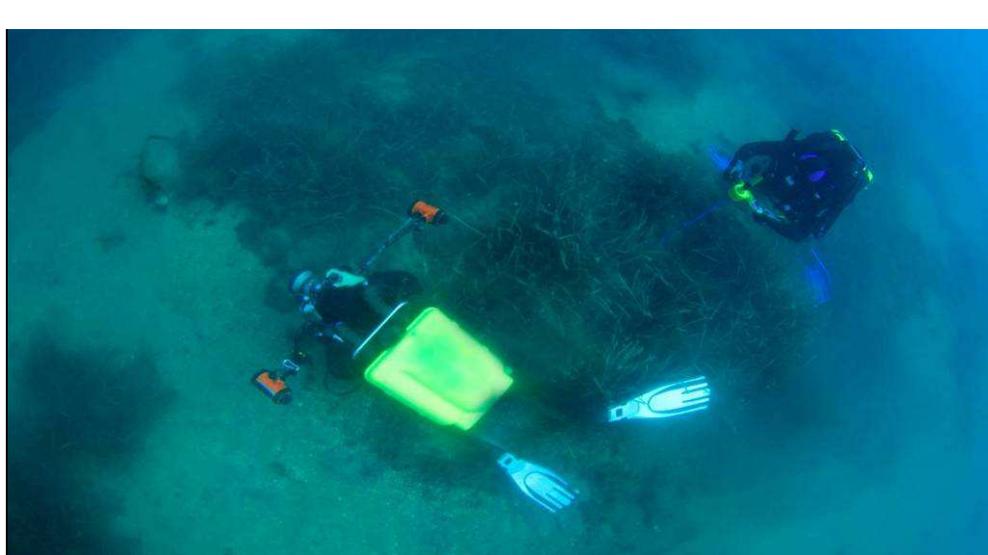
La télémétrie acoustique est basée sur le principe d'interférométrie acoustique sur bases courtes (http://www.plsm.eu/site_fr/), elle permet de positionner des objets en 3D de manière extrêmement précise (précision affichée sur le résultat cartographique : environ 1cm à 10 mètres de la base, 10 cm à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

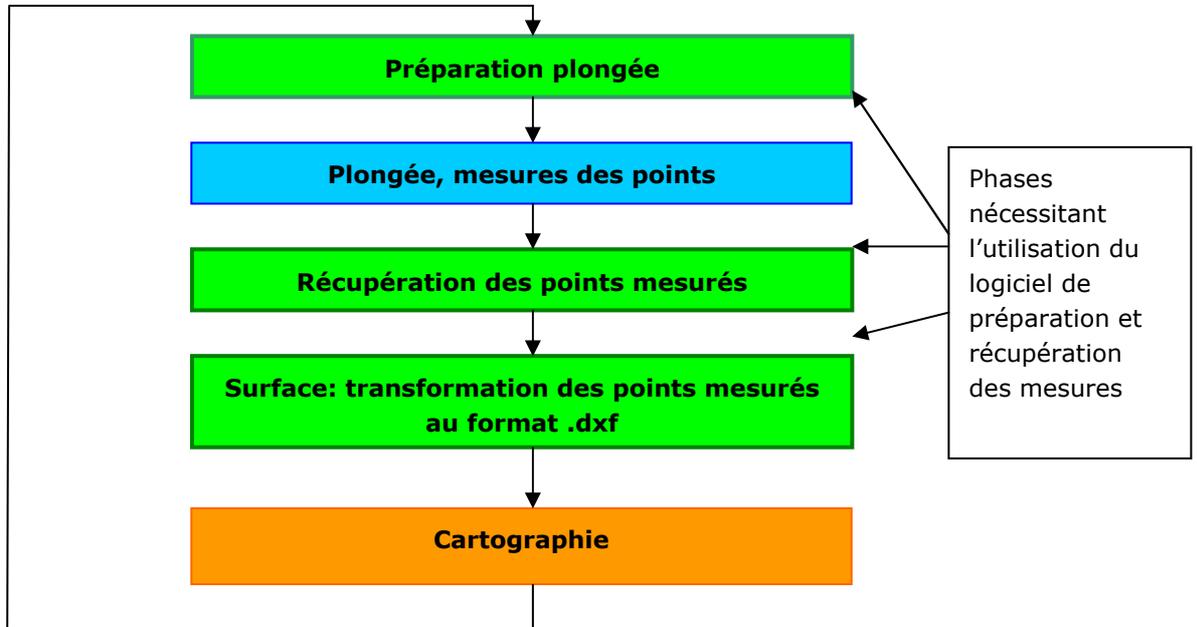
Le plongeur est équipé du pointeur et se déplace le long de la limite de l'herbier. Il enregistre sa position manuellement en fonction de la précision souhaitée. L'évolution en 2006 des appareils de télémétrie permet un espacement de 50 cm entre chaque point. Les images suivantes illustrent le matériel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

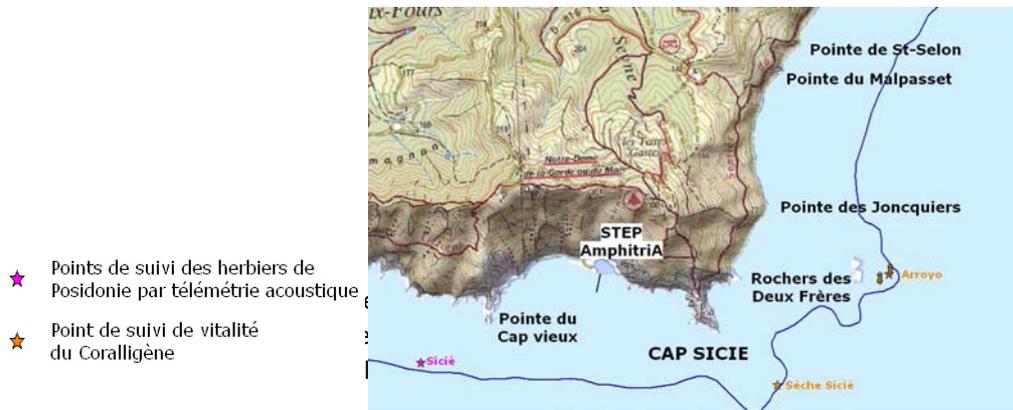


Phases de mise en œuvre du positionneur acoustique sous-marin.

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

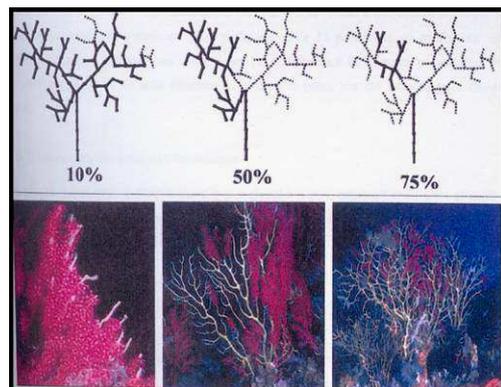
1 : 75-99% de la colonie nécrosée/recouverte

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 HOMOGENE

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.

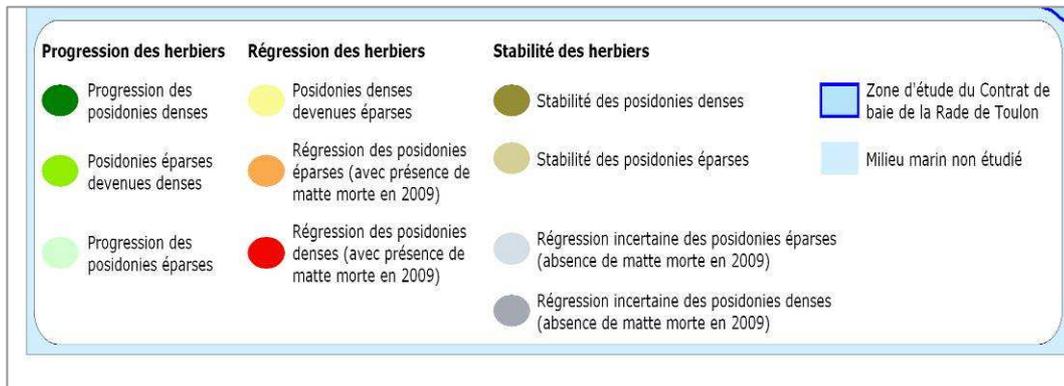


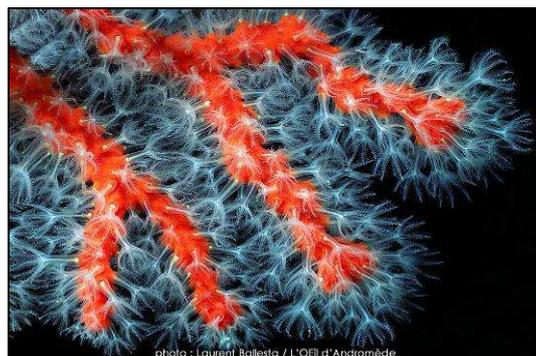
Figure 17 : Légende employée pour cartographier l'évolution de l'herbier à Posidonie depuis 2001

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).



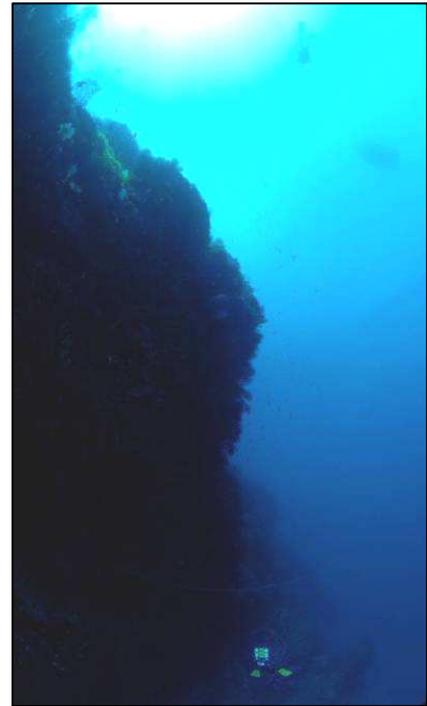
Le homard (*Homarus gammarus*)



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

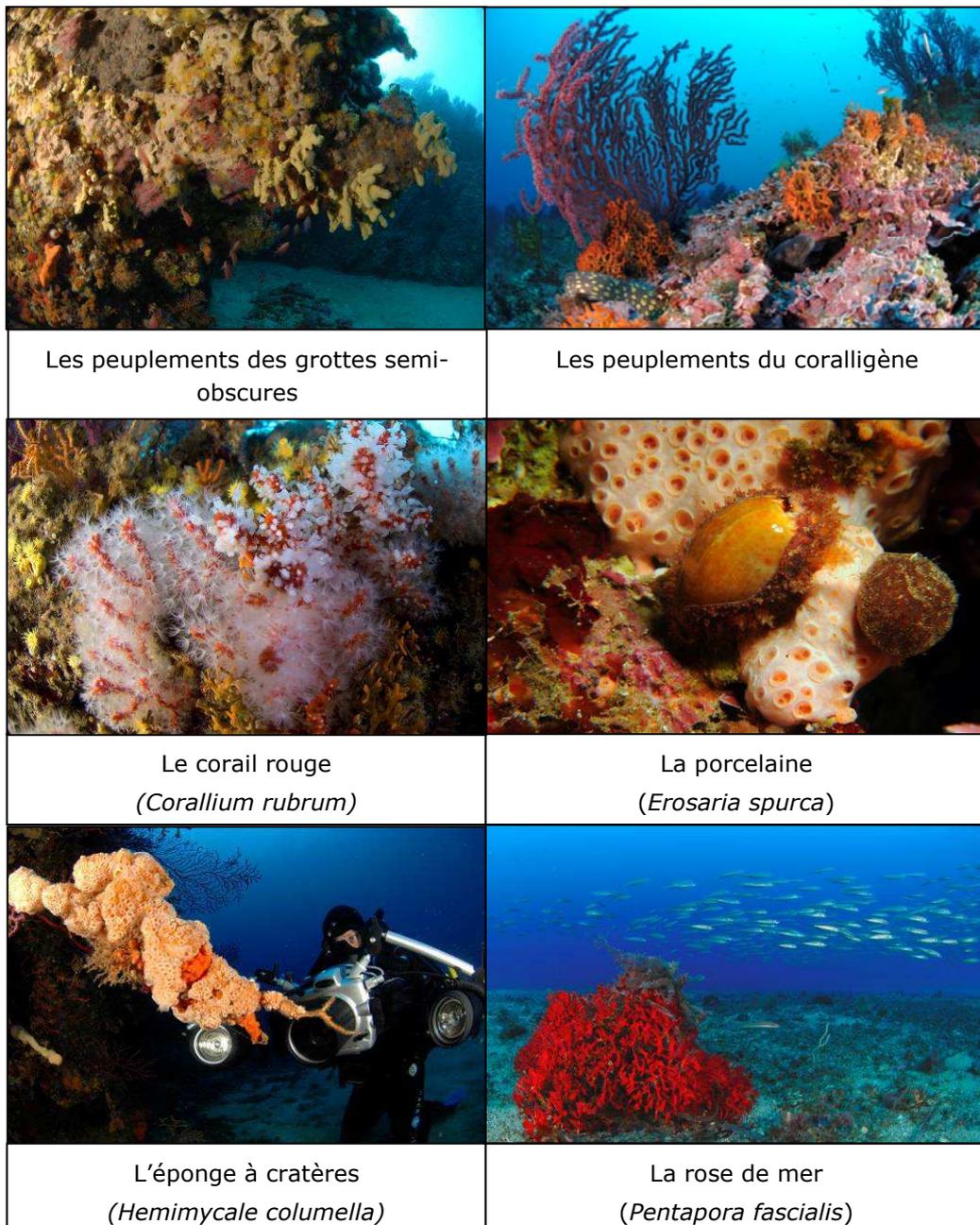


L'algue filamenteuse
Nematochryopsis marina

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 (tranchet 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}.

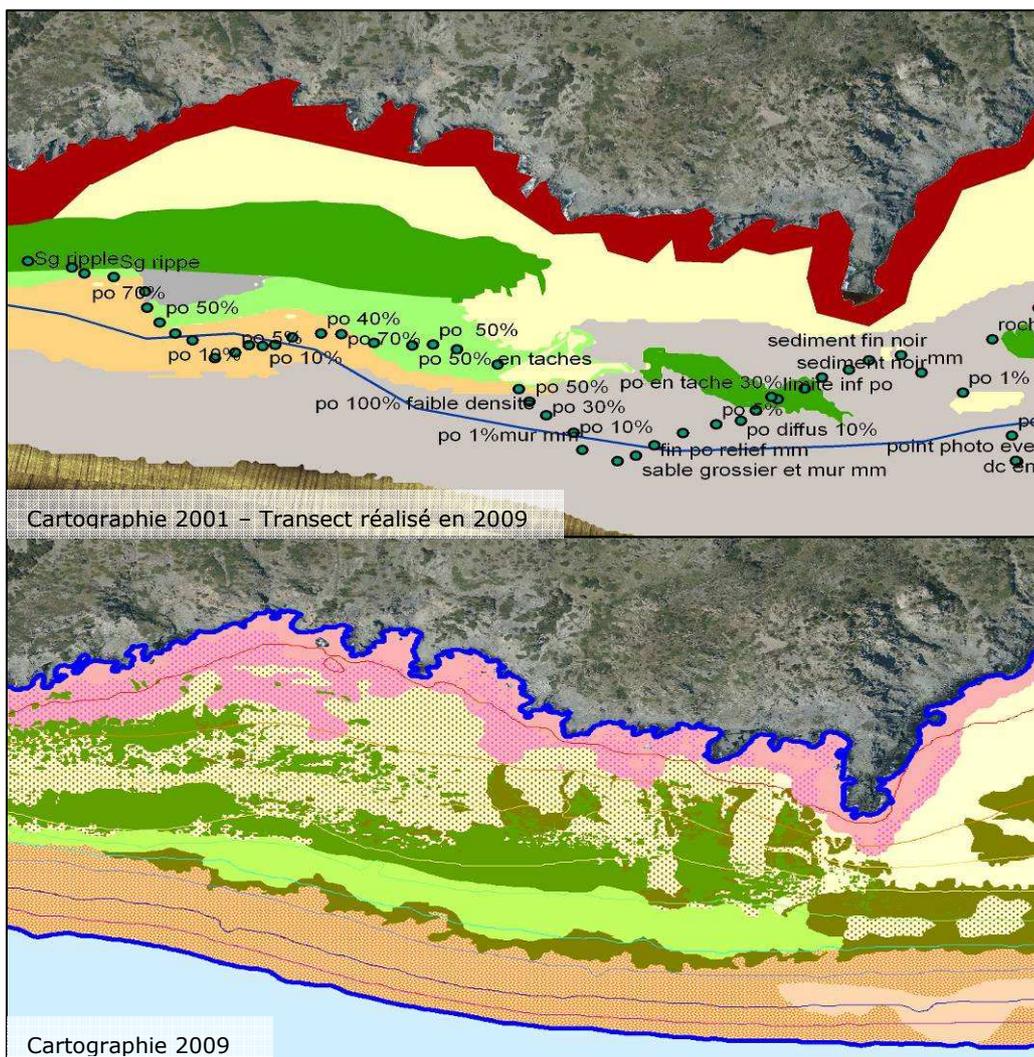


Figure 18 : L'évolution des méthodologies et un effort d'échantillonnage supérieur a permis de préciser notamment les contours de l'herbier et de la matie morte par rapport aux cartes de 2001

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

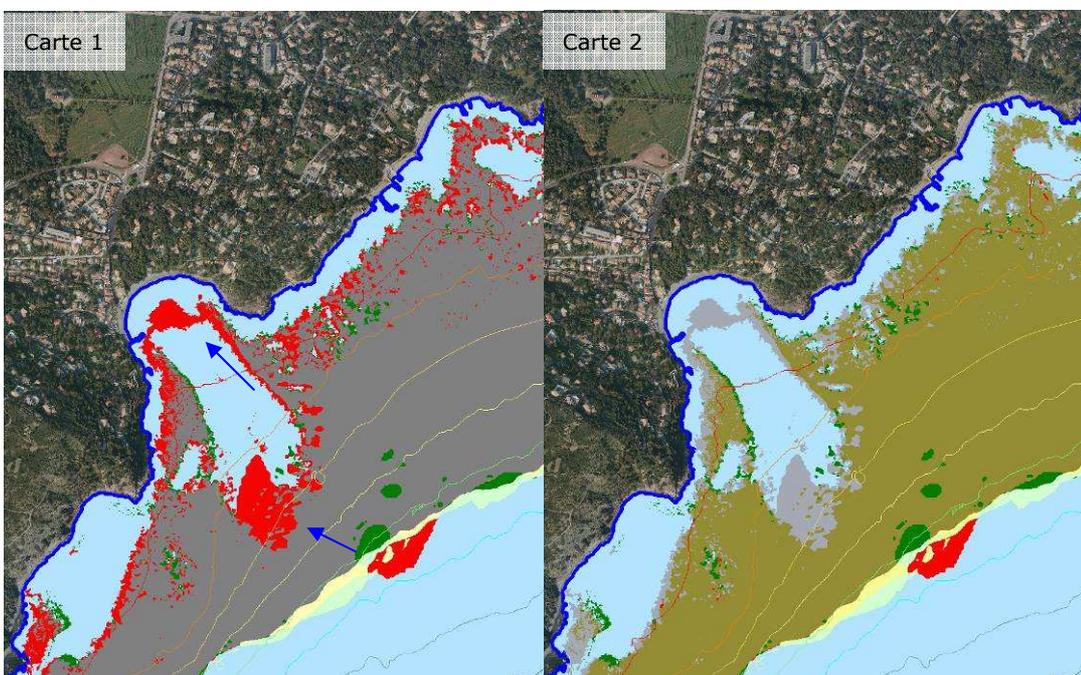
La carte 1 ci-dessous montre l'évolution de l'herbier entre 2001 et 2009 avec en rouge les zones de régression, en gris les zones de stabilité. On observe une zone de régression très importante de l'herbier dans l'anse.

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.

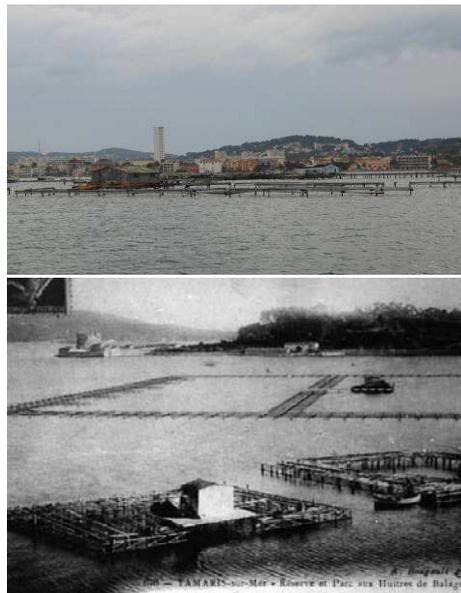


La première vocation de la petite rade est maritime et militaire comme en témoigne l'important trafic des navires en toutes saisons

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.

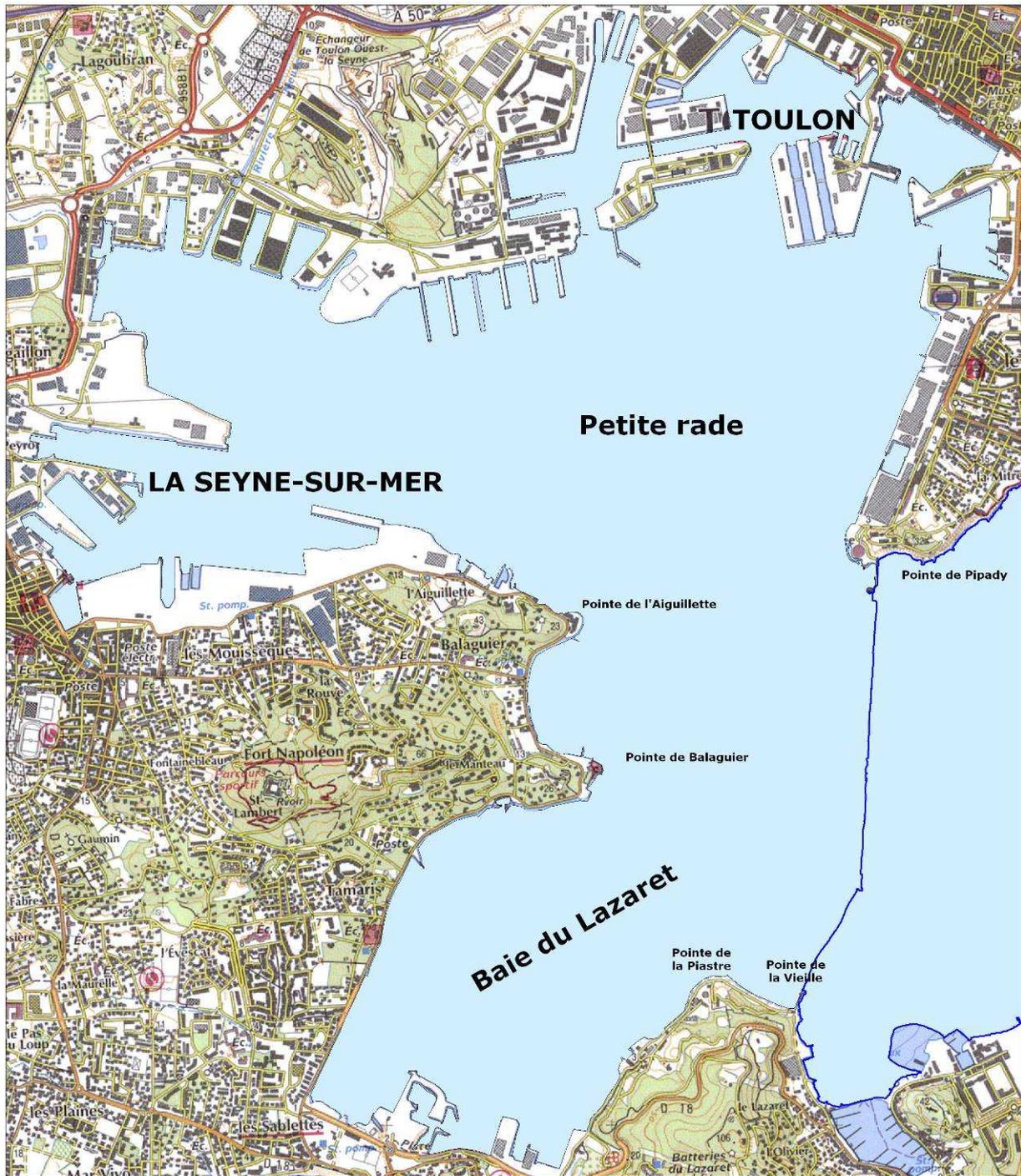
Au plan de la réglementation, les plans d'eau sont soumis à des règles strictes d'usages comme la navigation, du fait de la présence de nombreuses zones militaires interdites (darse nord, ponton pétrolier en baie du Lazaret).

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.



Zone d'étude du Contrat de baie de la Rade de Toulon, 2009



Echelle : 1 / 16 000

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

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

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).

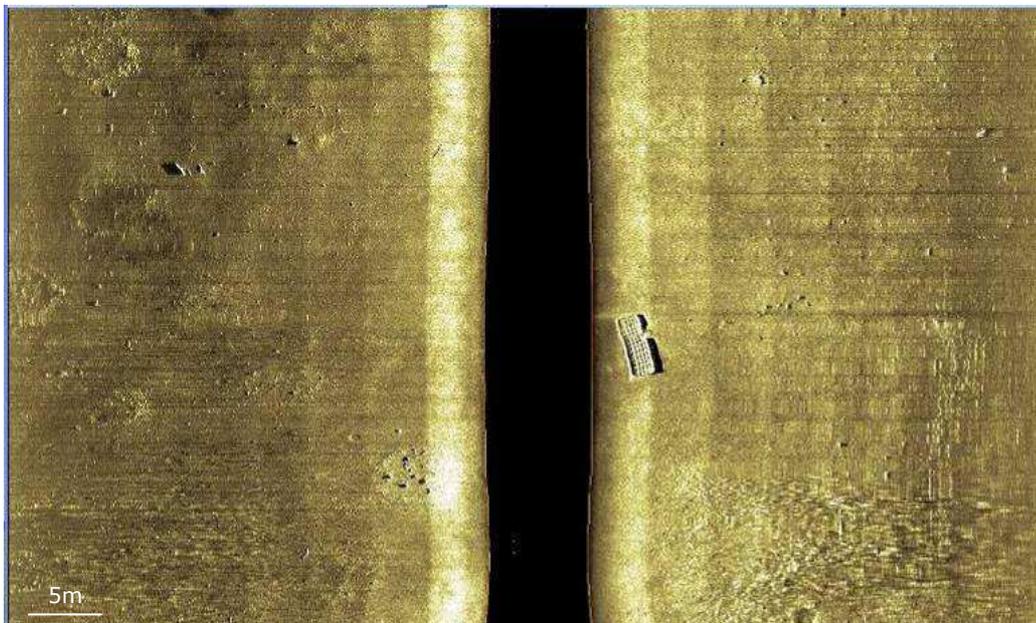
La présence de matte morte d'herbiers à *Posidonia oceanica* dans l'ensemble de la rade abri, petite rade et baie du Lazaret, constitue le dernier témoignage de l'existence de grands herbiers de posidonie, qui auraient disparu à une époque indéterminée.



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

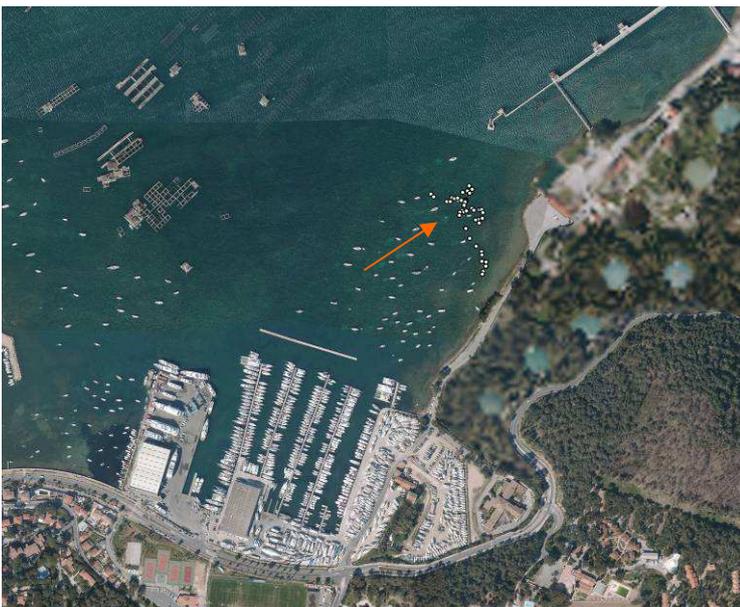
Des îlots vivants de posidonie, signalés jusqu'en 1979 (Verlaque) n'avaient pas été retrouvés lors de la précédente étude en 2001. De même, les zones de matte morte signalées jusqu'en 1980 (Jeudy de Grissac & Tiné) n'ont pas été retrouvées (les fonds sont régulièrement remaniés par les dragages ce qui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

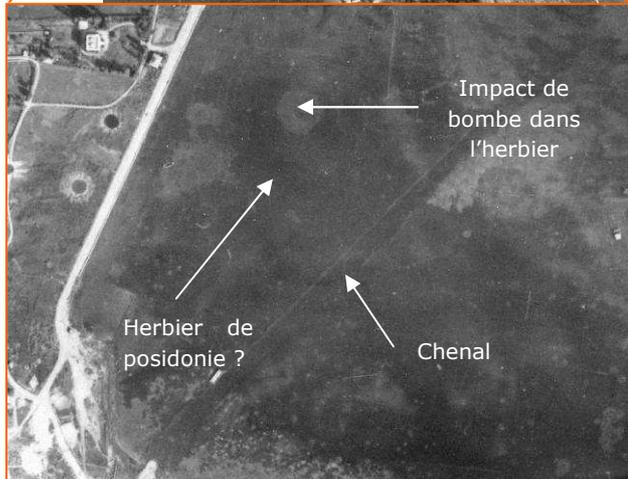


Transects réalisés de part et d'autre de la grande digue.



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.

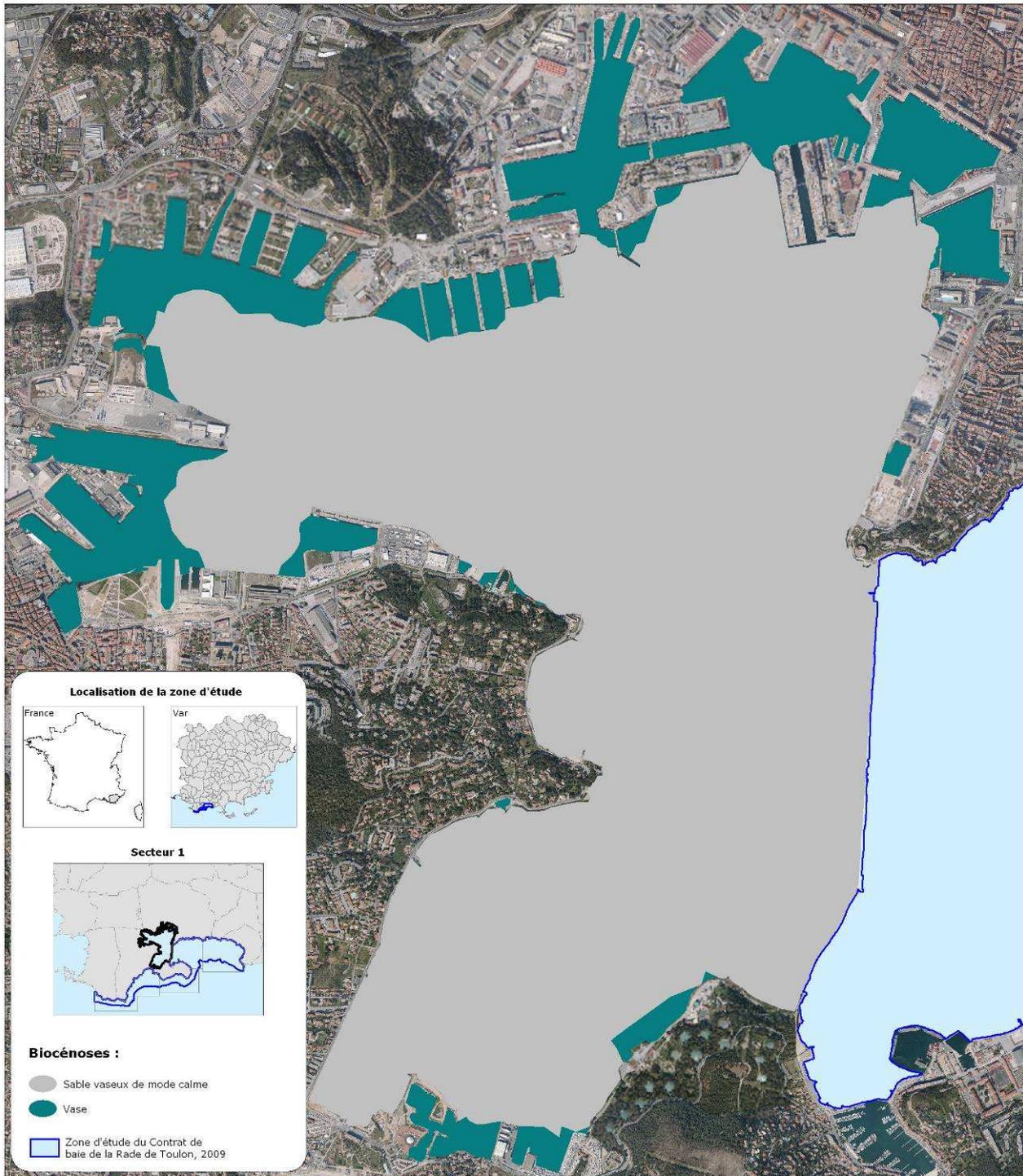


Tableau de synthèse des biocénoses du secteur 1

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 Site et mise en page : CERCIUS, 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.

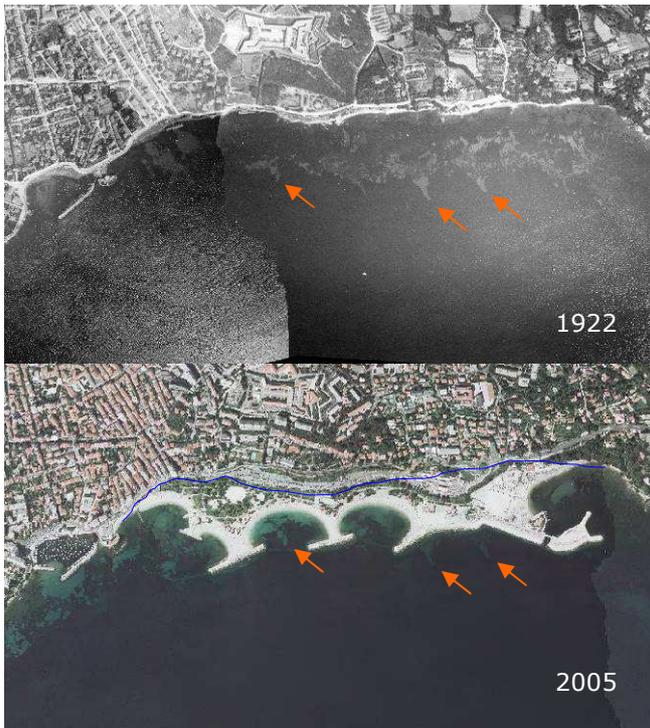
En 2001, il était fait état de la présence d'herbiers de Cymodocées et de Zostères dans le fond de baie du Lazaret sans que leur extension puisse être évaluée de façon précise en raison de leur faible développement. En 2009, nous n'avons pas retrouvé ces herbiers malgré des investigations spécifiques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

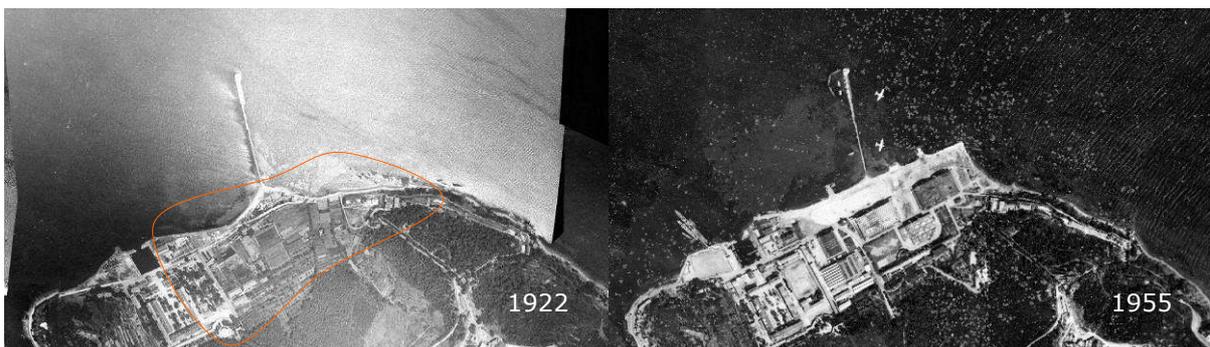


La vocation urbaine, industrielle et militaire de la Ville de Toulon a nécessité la création de nombreux aménagements côtiers. Dans la rade des Vignettes, la mise en valeur du littoral du Mourillon, initiée en 1964, a abouti à la mise en place de 41 ha d'aménagements, dont 22 ha gagnés directement sur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

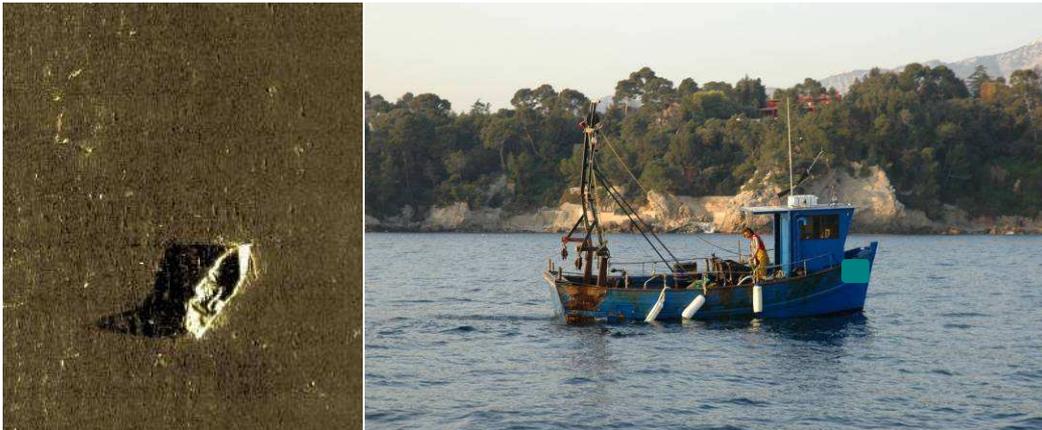


Image sonar d'un bateau de pêche au gangui coulé dans la rade.

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.

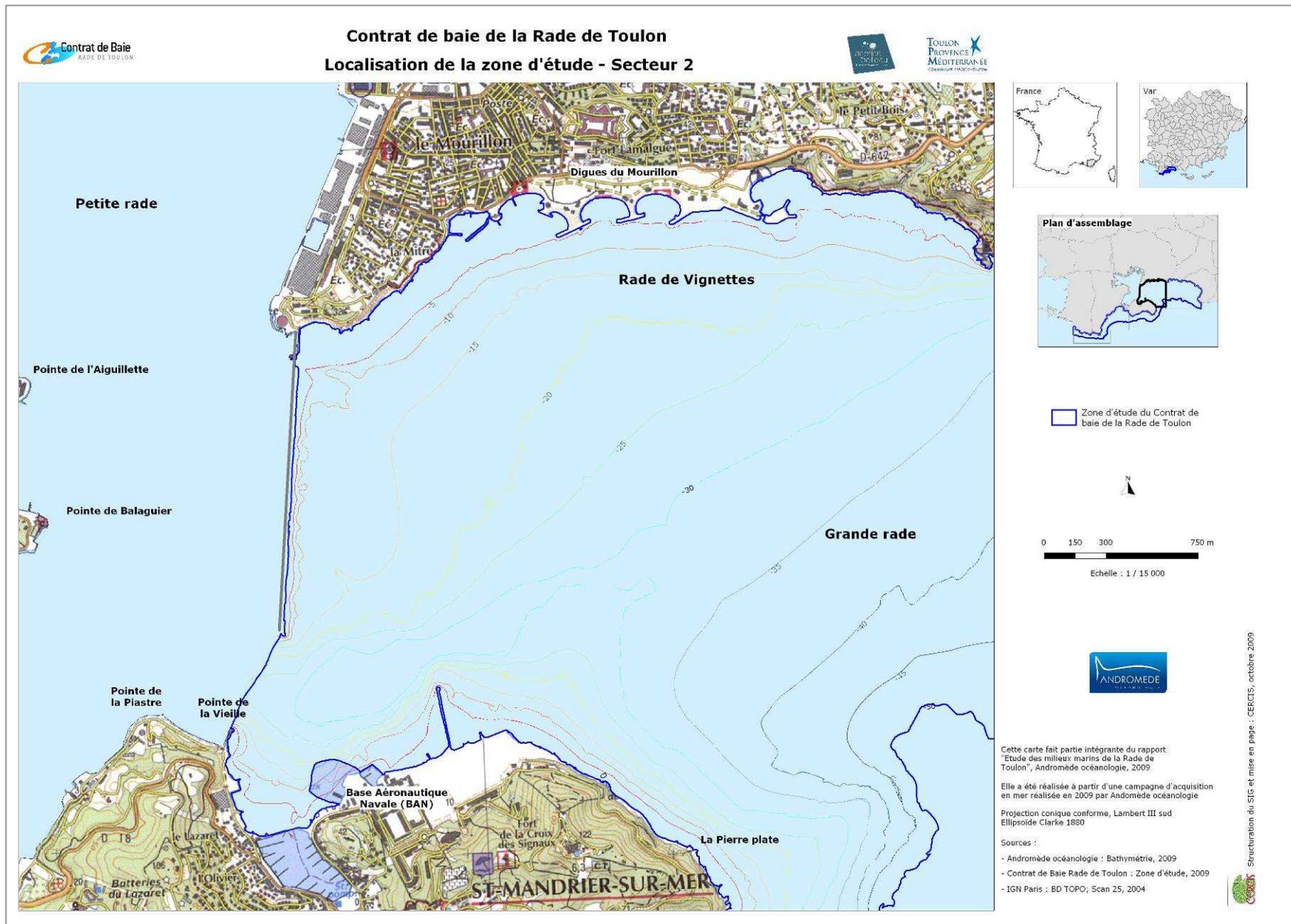
Ce secteur contient une portion de la ZNIEFF N°83-007-000 intitulée : « Du Mourillon à la pointe de Carqueiranne (Herbier de Posidonies) ».

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 matte, 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 matte 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 matte 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 matte 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.

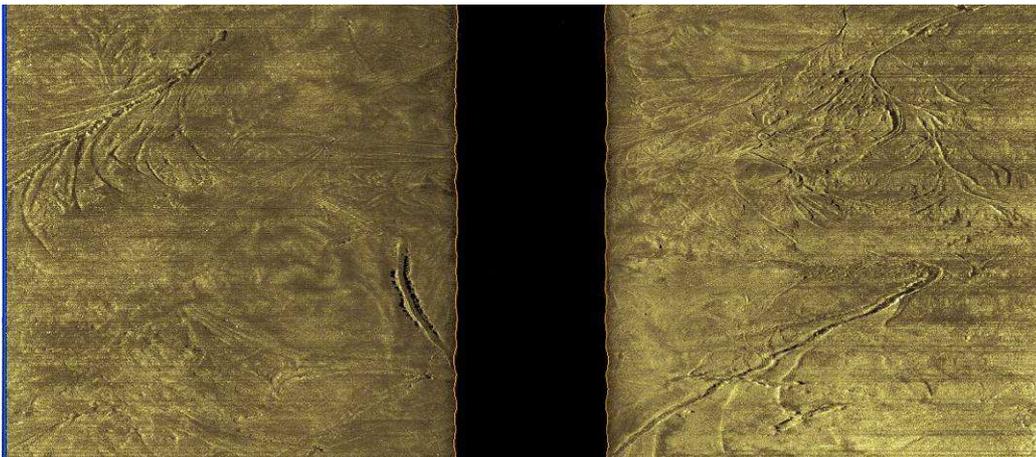


Image sonar mettant en évidence les traces de mouillage

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 matre morte dont la limite bien que très envasée est située vers 25m, cet herbier forme quelques tâches de bonne vitalité jusque la bathymétrie -10m.

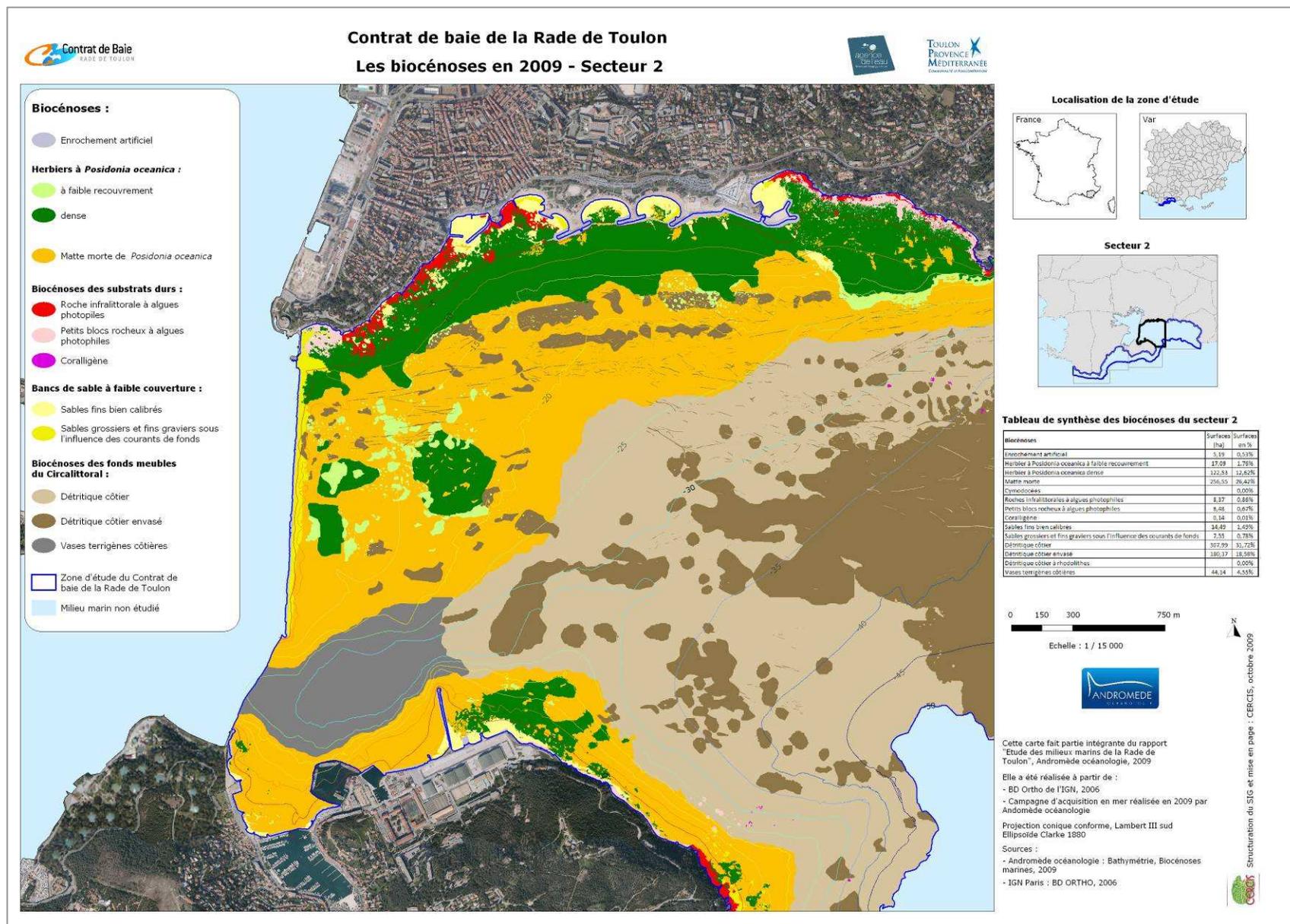
III.3.3.2. LES PETITS FONDS ROCHEUX



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

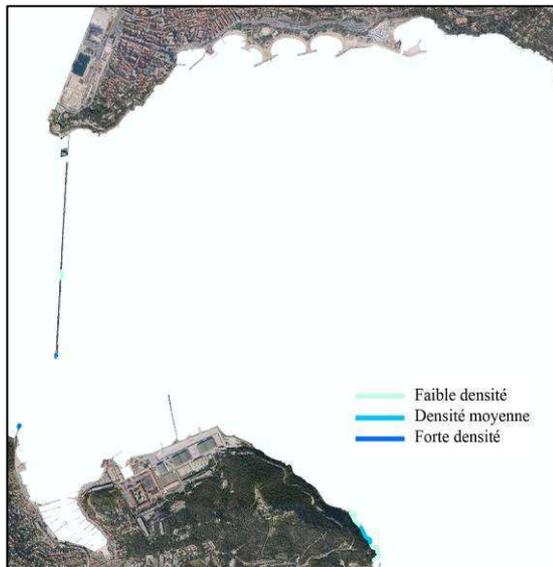
III.3.4.1. PEUPELEMENTS DU MEDIOLITTORAL ET DE LA FRANGE SUPERIEURE DE L'INFRALITTORAL

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

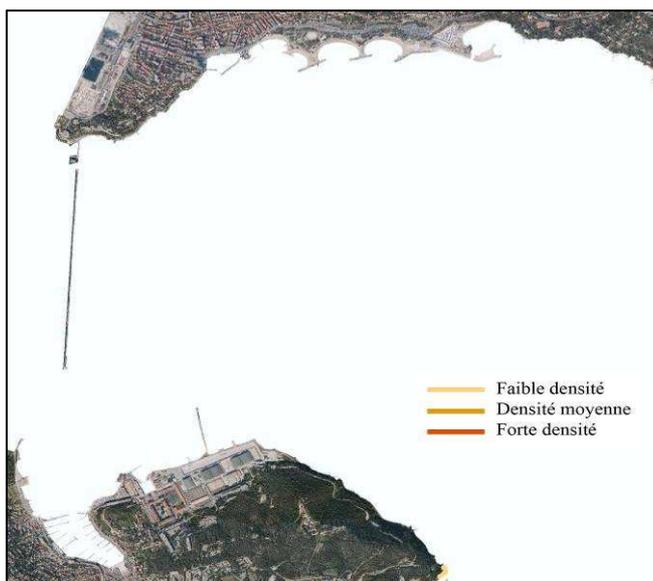
Si l'on compare ces données avec celles de 2001, on note une légère diminution de l'abondance de *Cystoseira amentacea* sur la zone 2 (7,7% de la zone 2 en 2001 et 4,9% en 2009).

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.

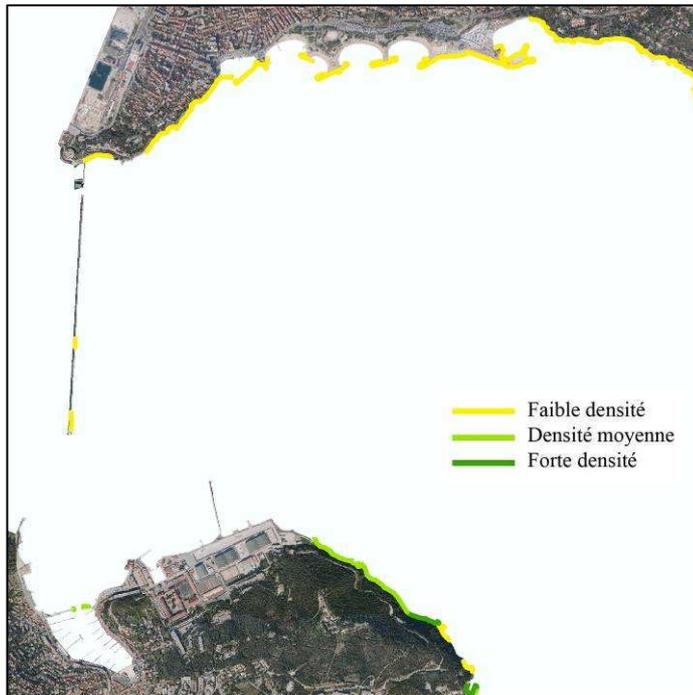
Carte X : répartition des classes d'abondance des peuplements de *Lithophyllum byssoides* sur le secteur 2

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 0,04m ²	Nbre Faisceaux 1m ²	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).

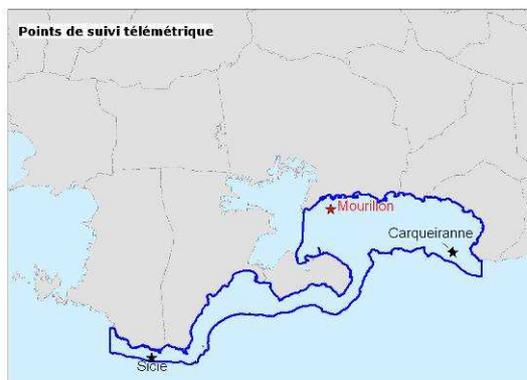
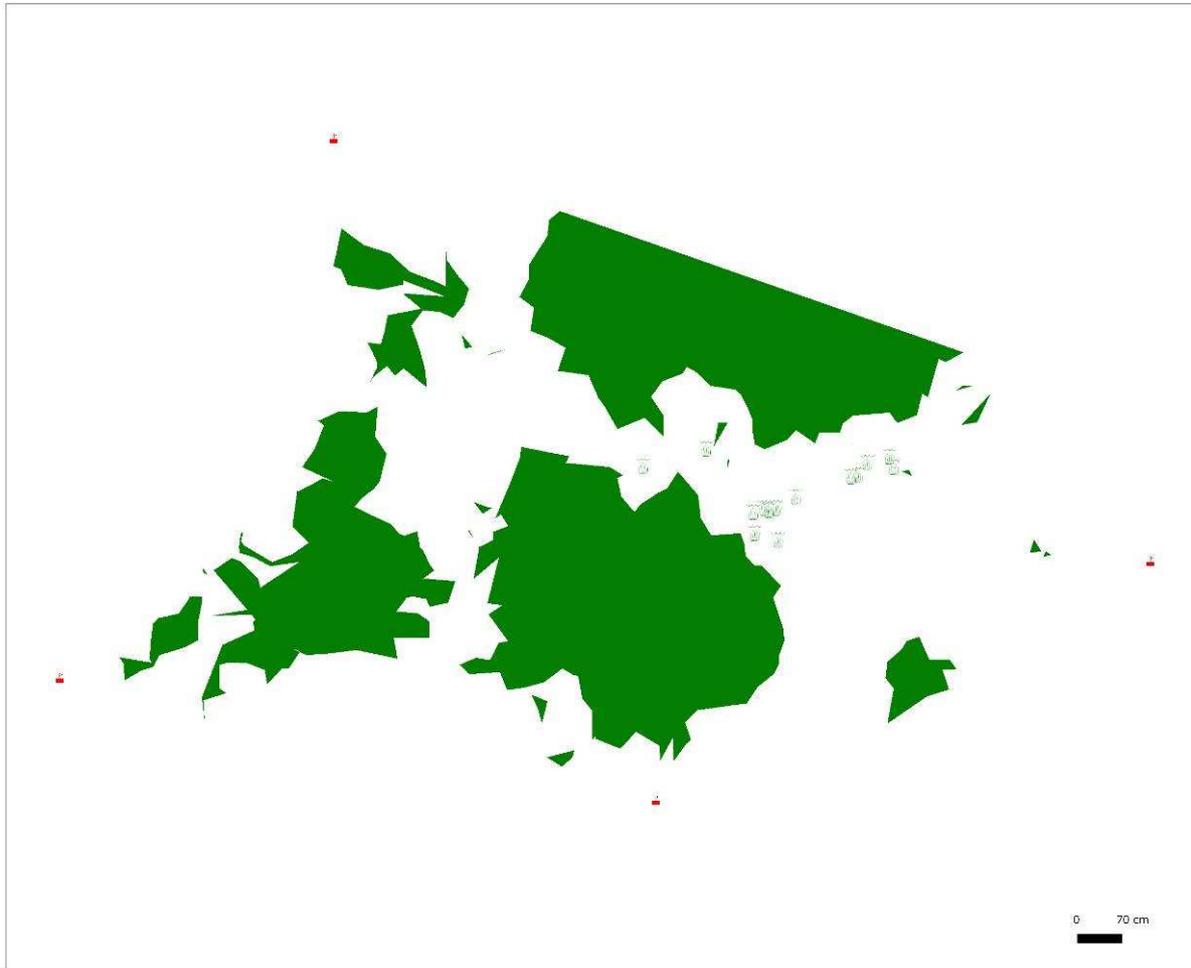
L'herbier en limite inférieure présente donc un recouvrement moyen.

- 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

Structuration du SIC et mise en page : CERDAS, 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.

