

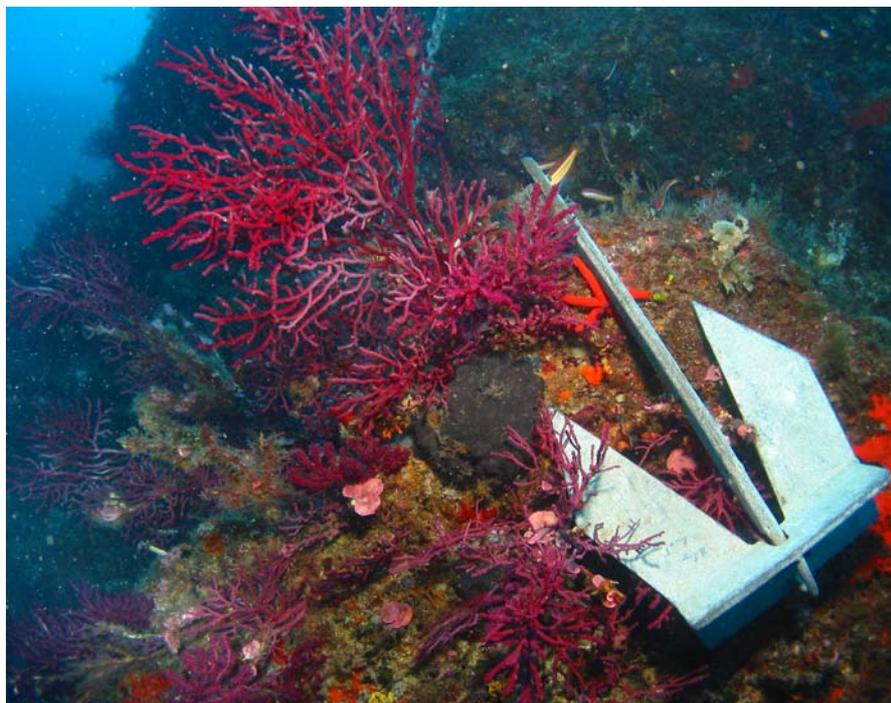
Laboratoire Environnement Ressources Provence Azur Corse

R. Kantin, B. Andral, S. Debard, J. Denis, V. Derolez, E. Emery, N. Ganzin, G. Hervé,
T. Laugier, M. Le Borgne, D. L'Hostis, J. Oheix, V. Orsoni, S. Raoult, S. Sartoretto,
C. Tomasino

R.INT.DOP/LER-PAC/06-08
Décembre 2006

Le Référentiel Benthique Méditerranéen (REBENT MED)

Avant Projet Sommaire



© Photo E. Emery / Ifremer

sommaire

1. HISTORIQUE ET CONTEXTE	6
2. LE REBENT MEDITERRANEE, UN REFERENTIEL FEDERATEUR D'INFORMATION ET DE COMPETENCES	8
3. LES PARTICULARITES DE LA MEDITERRANEE ET LE BENTHOS	12
3.1. LE LITTORAL MEDITERRANEEN.....	12
3.2. LE BENTHOS MEDITERRANEEN	13
4. LA CARACTERISATION DE LA DEMANDE : LES BESOINS FINALISES EN MATIERE DE CONNAISSANCE ET PRESERVATION DES BIOCENOSSES BENTHIQUES ET DE MISE A DISPOSITION DE LA DONNEE.....	15
5. ANALYSE DU CONTEXTE REGLEMENTAIRE IMPLIQUANT LE COMPARTIMENT BENTHIQUE EN MEDITERRANEE	22
5.1. REGLEMENTATION CONCERNANT LA PROTECTION DES ESPECES MARINES	22
5.1.1. Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 concernant la protection de la Nature (Annexe 4).....	22
5.1.2. La Convention de Berne	22
5.1.3. La Convention de Barcelone.....	23
5.1.4. Réglementation spécifique à la Région PACA.....	23
5.2. REGLEMENTATIONS CONCERNANT LA PROTECTION DU LITTORAL ET DES HABITATS MARINS : LA DCE.....	23
5.2.1. Rappels succincts sur le réseau de suivi et les paramètres pris en compte dans la DCE.....	24
5.2.2. Les méthodes d'évaluations.....	28
5.2.3. Stratégie spatiale	32
5.2.4. Stratégie temporelle.....	37
5.2.5. Les bioindicateurs.....	38
5.3. NATURA 2000 ET LE COMPARTIMENT BENTHIQUE	45
5.3.1. Directive "Habitats"	45
5.3.2. ZNIEFF-mer	46
5.3.3. ZNIEFF et NATURA 2000.....	47
5.4. POLLUTIONS ACCIDENTELLES.....	48
6. ETAT DES LIEUX	50
6.1. INVENTAIRE DES BIOCENOSSES BENTHIQUES MEDITERRANEENNES ET DES PAYSAGES SOUS-MARINS REMARQUABLES	50
6.1.1. Les biocénoses prise en compte dans les différents étages	50
6.1.2. Peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral	52
6.1.3. Les herbiers à Magnoliophytes.....	55
6.1.4. Peuplements des substrats meubles	58
6.1.5. Peuplements des grottes sous-marines	60
6.1.6. Peuplement du coralligène	62
6.1.7. Peuplements de poissons	66
6.1.8. Espèces protégées et d'intérêt patrimonial.....	67
6.1.9. Les espèces invasives.....	69
6.1.10. Les paysages sous-marins.....	70
6.2. LES RESEAUX DE SURVEILLANCE ET LES SUIVIS LOCAUX AYANT UNE COMPOSANTE BENTHIQUE	73
6.2.1. Le Réseau Littoral Méditerranéen (RLM)	73
6.2.2. Le Réseau de Surveillance Lagunaire (RSL)	74
6.2.3. Le RSP, Réseau de Surveillance Posidonies.....	74
6.2.4. Le réseau gorgones.....	75
6.2.5. Le réseau de surveillance Caulerpe (Suivi de l'expansion de <i>Caulerpa taxifolia</i> et de <i>Caulerpa racemosa</i>).....	76
6.2.6. Seagrass-Net, le réseau de surveillance des magnolophytes marines	77
6.2.7. Suivis du Centre d'Océanologie de Marseille (COM) à Cortiou.....	77
6.2.8. Suivi dans les étangs de Berre et de Vaine	77
6.2.9. Suivi dans les AMP (Aires Marines Protégée).....	78
6.2.10. Autres sites étudiés régulièrement	78

sommaire

6.2.11. Bilan géographique du suivi.....	79
6.3. LES PROGRAMMES DE RECHERCHE AYANT UNE COMPOSANTE BENTHIQUE.....	80
6.3.1. LIMA.....	80
6.3.2. GDR « Gestion des écosystèmes méditerranéens »	80
6.3.3. Répartition <i>DITrupa arietina</i> (REDIT).....	80
6.3.4. SYSCOLAG.....	81
6.3.5. Au niveau international, recherche sur la biodiversité.....	81
6.3.6. INTERREG II B / Posidonia	81
6.3.7. INTERREG III A / AISC.....	82
6.3.8. INTERREG III A / PORIME sur les banquettes de posidonies.....	83
6.3.9. Autres sites étudiés	83
6.4. INVENTAIRE DES COMPETENCES	83
6.4.1. Le Centre Océanologique de Marseille (COM).....	83
6.4.2. Le GIS Posidonie	84
6.4.3. L'Equipe Ecosystèmes Littoraux (EqEL) de l'Université de Corse.....	84
6.4.4. Le Laboratoire Environnement Marin Littoral de Nice (LEML).....	85
6.4.5. Le laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer	85
6.4.6. L'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE) de Perpignan	85
6.4.7. Le laboratoire Ifremer LER-PAC de La Seyne sur Mer	86
6.4.8. Le laboratoire Ifremer LER-LR de Sète.....	87
6.4.9. La STARESO de Calvi	87
6.4.10. L'ADENA du Cap d'Adge.....	87
6.4.11. Les bureaux d'études.....	88
6.4.12. Bilan	88
7. LA BANCARISATION ET LA SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE.....	90
7.1. PRÉSENTATION EN FONCTIONNEMENT DE LA FUTURE BANQUE DE DONNÉES « QUADRIGE ² »	90
7.1.1. Organisation de « Quadrige ² ».....	90
7.1.2. Fonctionnement de « Quadrige ² » et référentiel taxonomique	93
7.2. SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE	98
8. LES OUTILS DE CARTOGRAPHIE ET DE SURVEILLANCE APPLIQUÉS À LA SURVEILLANCE BENTHIQUE.....	101
8.1. LES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES.....	101
8.1.1. Le satellite.....	101
8.1.2. Les photographies aériennes par avion ou drone.....	102
8.2. LES TECHNIQUES ACOUSTIQUES	103
8.2.1. Sondeur acoustique monofaisceau.....	103
8.2.2. Sondeur multifaisceaux.....	104
8.2.3. Le sondeur latéral.....	104
8.3. LA VIDEO REMORQUÉE	107
8.4. POSITIONNEMENT	110
GPS différentiel	110
8.5. RELEVÉS EN PLONGÉE	111
8.6. PRÉLEVEMENTS DE MACROFAUNE PAR DRAGAGE.....	112
8.7. LA PRODUCTION CARTOGRAPHIQUE	113
8.8. LES OUTILS DU FUTUR POUR LA CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSES	115
8.9. TABLEAUX COMPARATIFS SUR LES OUTILS DE CARTOGRAPHIE (ET DE SURVEILLANCE) DU BENTHOS	115
9. CONCLUSION.....	119
TABLE DES FIGURES.....	123
TABLE DES TABLEAUX	124

Annexe 1 : Les particularités de la Mer Méditerranée

Annexe 2 : Guide SDDE

Annexe 3 : Cahiers d'habitats et d'espèces

sommaire

Annexe 4 : EUNIS habitat type hierarchical view

Annexe 5 : Bibliographie

1. Historique et contexte

La mise en place d'un réseau benthique correspond à un besoin exprimé par l'Ifremer et ses partenaires, appuyé notamment par le MEDD. Sa nécessité est tout d'abord apparue en Bretagne, en 2000, où suite à la pollution de l'ERIKA (décembre 1999) – pétrole lourd par excellence car il s'agissait d'un résidu de distillation - les biocénoses benthiques ont été affectées sur de larges surfaces. Le besoin d'information de référence sur les communautés benthiques en place, en vue d'évaluer l'impact de cette pollution sur les court, moyen et long termes, faisait défaut.

Plus exactement les informations existaient mais il n'y avait pas de bancarisation des données et – de surcroît – d'importantes lacunes existaient dans sa répartition (cartographies) et aussi dans sa « qualité » (manque d'indicateurs, d'indices).

Suite à l'expérience bretonne, est apparue la nécessité de pouvoir disposer de telles informations à l'échelle nationale ; ainsi est né le « REBENT national », qui est prévu de se décliner par façade, dont la façade méditerranéenne.

A côté de la nécessité de disposer d'informations de base pouvant être exploitées en cas de pollution accidentelle (par produits pétroliers, brut ou blancs, ou autres substances dangereuses), a surgi l'intérêt de pouvoir bénéficier de telles informations pour répondre à la fois aux exigences des différents cadres de gestion et à celles induites par des études d'impact (en cas d'aménagement côtier par exemple). La fédération des données existantes à l'échelle des trois régions méditerranéennes (PACA, Languedoc Roussillon et Corse) est d'ailleurs une des préoccupations de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (AERM&C).

Les travaux effectués dans le cadre de la Directive Cadre Eau – et plus particulièrement dans la composante benthique de son volet écologique – ont fait mûrir la réflexion. Tout d'abord, à l'échelle des deux districts (Rhône Côtier et Corse), une première réflexion a concerné le découpage en masses d'eau (eaux côtière et de transition), en s'appuyant sur les acquis des zones homogènes (découpage effectué dans le cadre du SDAGE RMC), ainsi que ceux du Réseau de Suivi Lagunaire (RSL) et de sa composante corse, le Réseau Lagunaire corse (RLC) pour les eaux de transition. Des réflexions ont ensuite été menées dans le cadre de la convention Ifremer-AERM&C en vue de proposer une stratégie pour les contrôles de surveillance dans les eaux côtières et de transition (choix des points, nature des prélèvements, analyses, bancarisation, etc...) ; la rédaction, début 2006, du premier cahier de charges aux contrôles de surveillance en Méditerranée (eaux côtières et partiellement eaux de transition) a permis de prendre en compte les aspects opérationnels, logistiques concernant leur mise en œuvre (sous maîtrise d'ouvrage Ifremer). Enfin, le suivi des différents groupes de travail – au niveau national – notamment ceux concernant les macrophytes (dont la posidonie) et le benthos de substrat meuble et – au niveau méditerranéen – les réflexions toujours en cours dans le cadre du réseau d'intercalibration MED-GIG, ont permis d'aborder les aspects relatifs à la définition d'indicateurs et d'indices qui allaient permettre de caractériser la qualité des différentes masses d'eau.

Fort de ces apports relatifs à la DCE, et aux autres composantes réglementaires effectuées dans le cadre de NATURA 2000 notamment (cartographie en PACA menées avec le GIS Posidonie), des informations pertinentes ont pu être collectées concernant le

REBENT Méditerranée, et notamment sur sa stratégie à mettre en place, objet du présent Avant Projet Sommaire (APS).

Les objectifs du REBENT Méditerranée, présentés dans le paragraphe suivant, s'appuient donc sur ce constat. Ils tiennent compte des objectifs de gestion, des souhaits des gestionnaires, des priorités en nature de recherche (par exemple de cartographie, indice globaux ou évolution des communautés benthiques soumises à des stress environnementaux ou au réchauffement climatique).

Après avoir rappelé les particularités de la Mer Méditerranée et de sa composante benthique, cet APS aborde ensuite la « caractérisation de la demande », c'est-à-dire l'adéquation entre les objectifs affichés et la demande sociale, qu'elle soit liée à des contraintes réglementaires, à des demandes émanant de gestionnaires, ou les deux à la fois.

En appui, un rappel du contexte réglementaire, avec un volet important consacré à la DCE des districts « Rhône côtier » et « Corse » est effectué.

L'état des lieux aborde ensuite l'inventaire des biocénoses (eaux côtières et lagunes), les réseaux de surveillance et les suivis locaux ayant une connotation benthique, les programmes de recherche (dont les INTERREG), ainsi que l'inventaire des compétences « benthos » en Méditerranée. Dans ce cadre, un point succinct sur les outils de cartographie et de surveillance est effectué.

Enfin, les différentes approches (zonale, sectorielle, stationnelle) sont présentées comme base de réflexion vis à vis des gestionnaires et de la communauté scientifique concernée et servira de support à l'avant projet détaillé (APD) qui présentera les protocoles.

Plus qu'un réseau *sensu stricto*, le REBENT est avant tout, en 2006, un référentiel, une base de connaissance sur laquelle les autres structures pourront trouver l'information institutionnelle et scientifique sur le benthos méditerranéen ; c'est la raison pour laquelle le REBENT Méditerranée a été rebaptisé, sur cet APS – qui se veut avant tout stratégique – « Référentiel benthique » Méditerranéen.

2. Le REBENT Méditerranée, un référentiel fédérateur d'information et de compétences

Le REBENT (REférentiel BENThique) est à la base un réseau national qui a pour ambition de mettre en place la stratégie « Benthos » de l'Ifremer et ses partenaires et - plus particulièrement - qui a pour objectifs de recueillir et mettre en forme les données relatives aux habitats et biocénoses benthiques associées dans la zone côtière, ainsi que de mettre ces données, brutes ou élaborées, à la disposition des scientifiques, des gestionnaires et des autres utilisateurs.

En Méditerranée, la priorité concerne, dans un premier temps, la bancarisation des données sous maîtrise d'œuvre Ifremer (avec l'accord des maîtres d'ouvrage et notamment de l'Agence de l'Eau RM&C) ; cette mise en commun des données pourra être étendue aux stations et laboratoires de recherches qui le souhaiteraient, avec une formalisation de mise à disposition de la donnée.

Ces besoins, qui concernent des données relatives à la dimension spatiale du benthos, ainsi que sa composition, sont communs à différents cadres (Directive Cadre Eau, pollutions accidentelles, espaces remarquables, gestion intégrée, etc...). Le « pilote breton » a initialement été prévu pour combler les lacunes dans les connaissances du patrimoine littoral suite à la pollution de l'« Erika ». Depuis, la situation a évolué et - en Méditerranée - plusieurs actions concernant les biocénoses benthiques ont été entreprises. Les données de base sur ce réseau figurent sur le site www.rebent.org, et son extension « Méditerranée » est prévu fin 2006.

Le REBENT a aussi un objectif de fédération dans le domaine du maintien de la biodiversité benthique, de la réduction des risques d'atteinte à la durabilité des ressources liées à l'anthropisation et à l'exploration, qui afin d'être en mesure de détecter les changements liés aux évolutions à long terme et à l'impact des pollutions, ce qui passe par la constitution d'un état de référence et le suivi des communautés. Il englobe la surveillance (dont le volet benthique de la DCE) et les recherches effectuées pour étudier les habitats benthiques dans toutes ses composantes.

Ce réseau national est décliné par façades (Méditerranée, Bretagne, Manche).

Le REBENT Méditerranée est donc la composante méditerranéenne de ce réseau, correspondant aux trois régions : Corse, PACA et Languedoc Roussillon, avec des particularismes propres détaillés ci-après.

A l'image de celui qui existe sur les autres façades, le REBENT Méditerranée concerne trois pôles :

- « Biodiversité », dans ses volets échantillonnages, référentiels taxonomiques, typologie des habitats, élaboration et traitement d'indicateurs et bulletins de la surveillance ;
- « Cartographie », ciblé sur les outils de cartographie (synthèses, niveaux de typologie, mise en évidence de lacunes) ;
- « Bancarisation / diffusion » avec la mise en place de Quadriges² et du site web « Envlit ».

Les paramètres du REBENT Méditerranée pris en compte sont ceux qui ont été affichés au niveau national, à savoir :

- le suivi des éléments de **qualité biologique** avec notamment la **flore** (algues, magnoliophytes, dans ses aspects : composition/abondance, taxons sensibles, abondance/couverture, croissance, introduction de nouvelles espèces...) et la **faune** avec notamment les gorgones et les invertébrés benthiques, avec aussi une évaluation des pas de temps de suivi.
- le suivi des paramètres **hydromorphologiques** : profondeur, structure des substrats des fonds côtiers (géomorphologie, pourcentage de matière organique...), structure et état des zones médiolittorales (érosion / dépôt, distribution des peuplements), avec des pas de temps de 6 ans (voire de 3 ans), ainsi qu'une évaluation des outils nécessaires pour l'effectuer.

Le compartiment benthique constitue en effet un témoin permanent de l'environnement car ses composantes biologiques intègrent les caractéristiques écologiques locales, soumises à des fluctuations d'origine naturelle (« warming change » ou « global change ») ou anthropique (rejets urbains, industriels, aménagements, ...). L'observation directe des populations zoo et phyto benthiques et de leur évolution est indispensable pour surveiller les modifications éventuelles de la biodiversité et initier des mesures de gestion adaptées pour conserver durablement ce patrimoine écologique qui inclut l'essentiel des espèces exploitées en milieu côtier. Avec l'apport des nouvelles technologies (télé-détection, imagerie sous-marine...) et des méthodes de traitement appropriées, autorisant une approche zonale sur de grandes étendues, des projets d'inventaires et de suivis des communautés benthiques se sont structurés sous l'impulsion notamment de la Directive Cadre Eau (DCE) et de la Directive « Habitats » (Natura 2000). Associées à ces cadres de gestion, les études prévues sur la sensibilité des côtes aux pollutions pétrolières, la création récente d'une ZPE (Zone de Protection Ecologique) en Méditerranée, les différentes études d'impact consécutives à des aménagements, constituent des raisons majeures de structurer un réseau fédérateur méditerranéen d'observation des biocénoses benthiques côtières, le REBENT Méditerranée.

L'objectif principal du REBENT Méditerranée est donc de proposer une fédération de l'ensemble des compétences sur la thématique du maintien de la biodiversité benthique ce qui rejoint d'ailleurs les axes majeurs des cadres de gestion afin d'être en mesure de détecter, sur le compartiment benthique, les changements liés aux évolutions à long terme et à l'impact des pollutions ou des aménagements ; cet objectif passe par la constitution d'un état de référence et le suivi des communautés.

Ces objectifs ont été reformulés sur la base des priorités formulées notamment par l'AERM&C et avec laquelle l'Ifremer joue un rôle actif (Maîtrise d'ouvrage de la DCE pour les contrats de surveillance en Méditerranée).

Son articulation avec le Schéma Directeur des Données sur l'Eau (SDDE) et le MEDBENTH (cf. paragraphe 4) devrait permettre au REBENT Méditerranée de trouver sa place dans les structures existantes et dans les accords existants (aide Ifremer au volet littoral du SDDE de l'AERM&C).

Dans la stratégie proposée, le REBENT Méditerranée se positionne donc comme :

- un réseau thématique rassemblant l'ensemble de la communauté scientifique concernée, une plate-forme de communication, en vue de **mutualiser et de restituer l'information existante**.
- un cadre de normalisation pour la cartographie des biocénoses benthiques et incluant notamment **la bancarisation des données** ainsi que sa restitution à ceux qui le souhaitent, gestionnaires, scientifiques ou autres, dans un souci de mise à disposition de la donnée, brute ou traitée, dans un cadre bien défini.
- un outil permettant de déterminer des **états de référence** et de fédérer un système de suivi des **évolutions** (naturelles ou anthropiques). Les outils de cartographie seront décrits dans le paragraphe 8 Ils font l'objet notamment du programme INTERREG III B « Posidonia », dans le cadre duquel, notamment, les performances et les limites de chaque outil seront évalués.
- Un élément important du Système d'Information sur l'Eau (SIE) des Bassins Rhône Méditerranée et Corse et de son Schéma Directeur des Données sur l'Eau (SDDE) ; ce dernier prévoit notamment, dans ses objectifs, l'évaluation de l'état du milieu aquatique (des deux bassins), englobant les eaux côtières et de transition, et mentionnant entre autres les travaux de la base de données « Quadrige 2 » ayant pour enjeux d'améliorer les outils et méthodes employées pour la bancarisation, l'interprétation des données et leur mise à disposition du public (<http://195.167.226.100/sdde/annexe1-litto.html>).

Ces quatre points sont incontournables pour aider à la prise de décision allant dans le sens du rétablissement de la qualité des biocénoses dégradées (ou de leur préservation pour celles qui sont en bon état).

A l'image des pilotes breton et normand, cette étude s'inscrit dans la phase de préparation de l'**APS** (avant projet sommaire) pour la façade méditerranéenne. Elle décrit la stratégie à mettre en œuvre en tenant compte des spécificités méditerranéennes.

En conformité avec les objectifs généraux, l'APS du REBENT Méditerranée s'est donné les principaux objectifs suivants :

- analyser la demande des gestionnaires des milieux littoraux pour mieux définir le contenu du réseau (prise en compte des cadres de gestions et de préoccupations plus locales) ;
- définir le contenu et les moyens de réalisation (outils, méthodes, moyens humains) compte-tenu des cadres de gestion, des réseaux et des recherches existantes ;
- identifier les acteurs et définir un schéma d'organisation cohérent ainsi que le partage des responsabilités ;
- garantir la qualité des résultats (spécifications pour la bancarisation des données benthiques).

La caractérisation de la demande (§ 4) précise le cadre dans lequel va se situer le REBENT Méditerranée, mais il est utile auparavant de faire deux rappels : sur les communautés benthiques d'une part et sur les particularités de la Mer Méditerranée d'autre part.

3. Les particularités de la Méditerranée et le benthos

Avant de passer à ce point, il est utile de rappeler succinctement, quelques rappels sur le benthos et les particularités de la Mer Méditerranée.

3.1. Le littoral méditerranéen

Le littoral français de la Méditerranée, d'une longueur de 1960 km (dont environ 1000 Km pour la Corse) est représenté par trois régions :

- **Le Languedoc-Roussillon** présente une diversité de paysages et de climats due aux composantes de son relief : chaîne des Pyrénées, massif des Corbières, plateaux des Cévennes, plaines du littoral. L'homogénéité de son linéaire côtier essentiellement sableux, d'environ 200 km, est interrompu par quelques caps rocheux : Sète, cap d'Agde, massif de la Clape, cap Leucate et cap Béar. Le Languedoc-Roussillon possède aussi une côte rocheuse, comprenant un site Natura 2000 « Posidonie de la côte des Albères » et une aire marine protégée, la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls. Les fonds côtiers de 0 à 50 m, s'étendent sur une largeur de 5 à 10 milles, entre la frontière espagnole et le Rhône. Aux abords des Pyrénées, ces fonds sont constitués de vase, de gravier et de roches mélangées. Du Tech à l'Aude, le sable domine près de la côte, parsemé de bancs de roches, et de la vase plus au large. Sur la côte languedocienne, le sable occupe le haut de la zone infra-littorale, avec des affleurements rocheux et graveleux, puis vers -20 m commence le domaine des vases ; une zone sableuse s'étend cependant vers -30 -40 m devant Palavas.
- **La Provence Côte d'Azur (PACA)** est discriminée d'un point de vue morphologique, en deux sous régions :
 - **La Provence rhodanienne** avec le delta du Petit-Rhône à l'ouest des Saintes-Maries de la mer, et le delta du Grand-Rhône, entre les Saintes-Maries et le cap Couronne. La progression du front deltaïque se trouve très ralentie, pour ne pas dire stoppée, et de nombreux secteurs sont en érosion. La bordure du delta du Rhône est essentiellement sableuse surtout à l'ouest où les sables descendent au-delà de -50 m. Par contre, vers le Grand-Rhône, la sédimentation actuelle fine tapisse les fonds à proximité immédiate de la côte. La Provence calcaire s'étend du cap Couronne au cap Sicié. Le plateau continental étroit et rocheux est recouvert de sables variés, de vase et de gravier. Les formes littorales les plus caractéristiques de cette zone sont les "calanques", résultats de la submersion de vallées encaissées développées dans des calcaires urgoniens très résistants.
 - **La Côte d'Azur** est dans l'ensemble orientée sud ouest-nord est. Du cap Sicié à la presqu'île de Giens, la côte très découpée, abrite la ville de Toulon. De la presqu'île de Giens au cap Camarat, dominée par le massif des Maures, la côte est composée de roches métamorphiques (micaschistes et gneiss) et de sédiments primaires et quaternaires. Du cap Camarat au cap d'Antibes, la côte est découpée par de nombreuses baies qui, à l'exception du golfe de Saint-Tropez, sont

largement ouvertes au sud est. L'isobathe -100 m, très sinueuse, borde le plus souvent la côte à moins de 1 mille. Du cap d'Antibes à la frontière italienne, la côte rocheuse, sauf à l'embouchure du Var (baie des Anges), est découpée par plusieurs caps laissant entr'eux des baies plus ou moins protégées. L'isobathe -100 m passe très près du rivage et ne s'en éloigne à plus de 2 milles qu'au voisinage de Menton. Les fonds de l'étroit plateau continental sont rocheux et recouverts de sable de vase et de gravier; seul, le cône du Var constitue une accumulation relativement importante.

- **La Corse** est une "montagne dans la mer" de 8680 km² (1,5% du territoire national) comportant environ 1000 km de côtes (13% des côtes françaises et plus de la moitié du linéaire méditerranéen continental). Les côtes occidentales sont rocheuses, abruptes et très découpées, creusées de golfes très modérément sédimentés (Saint-Florent, Calvi, Porto, Sagone, Ajaccio, Valinco). La côte orientale est constituée en grande partie de cordons littoraux encadrant une plaine alluviale. Au sud-est réapparaissent les formations granitiques découpées (Porto-Vecchio, Sant'Amanza). Autour de la Corse, la largeur du plateau continental est en général très faible : l'isobathe -200 m est à 7 milles du rivage sur la côte orientale, à 5 milles sur la côte nord ouest et à moins de 1 mille de certains points de la côte ouest. Au sud, le plateau s'élargit et devient commun à la Sardaigne. Les fonds sont de roche, de sable et de gravier.

Les eaux côtières méditerranéennes (à l'exception des deltas et lagunes) sont oligotrophes, très diversifiées, avec de très nombreuses espèces. Une des richesses de la Méditerranée est l'herbier *Posidonia oceanica*, espèce endémique, abritant une faune et une flore extrêmement riche et variée. L'étagement des biocénoses s'appuie notamment sur le gradient de pénétration de la lumière. La forte population littorale, à laquelle il faut ajouter le tourisme, est un facteur de pression anthropique important représentant une menace pour les biocénoses, qu'il s'agisse de rejets urbains, ou d'aménagement divers, occasionnant – sauf en Corse – une raréfaction des zones pristes.

L'annexe 1, consacrée aux particularités de la Mer Méditerranée, reprend plus en détail tous ces points.

3.2. Le benthos méditerranéen

Le benthos (issu d'un mot grec signifiant « profondeur ») regroupe l'ensemble des organismes animaux, végétaux et bactéries en relation étroite avec le fond, depuis le rivage jusqu'aux grandes profondeurs. C'est une mosaïque d'habitats, hétérogènes ; variables suivant les saisons, dans leur biomasse et leur diversité. On distingue :

- Le phytobenthos, qui comprend aussi bien les micro-algues unicellulaires comme certaines diatomées, les macro-algues et les magnoliophytes ;
- Le zoobenthos qui rassemble tous les animaux vivant sur le fond (vers, mollusque, crustacés,...).

Parmi ces organismes, on distingue les êtres vivants qui vivent à la surface du substrat : les épibiontes (épiflore et épifaune) et les endobiontes qui sont les animaux vivant à l'intérieur du substrat. La texture des sédiments est l'élément fondamental qui influence la distribution des organismes (un arbre généalogique simplifié de la biocénose benthique ainsi que des notions de base figurent dans le site www.rebent.org).

Comme signalé en introduction, la prise en compte de ces communautés permet d'observer et de comprendre les changements intervenant dans leur structure suite aux pressions anthropiques ou aux variations climatiques.

En effet, les espèces d'invertébrés benthiques ont une longévité individuelle moyenne allant de l'année pour les espèces opportunistes à quelques dizaines d'années pour les espèces possédant une grande longévité. Passé le stade larvaire, souvent pélagique, ces espèces sont sédentaires et ne peuvent donc échapper aux multiples stress environnementaux, chroniques ou accidentels. Par ailleurs leur activité de nutrition (utilisation en tant qu'organismes biointégrateurs) les conduit à accumuler des molécules peu ou pas dégradables, difficilement décelables. Ces caractéristiques fonctionnelles confèrent aux communautés benthiques des propriétés d'intégration, de mémorisation et d'amplification qui en font d'excellents indicateurs des changements environnementaux tant d'origine climatique qu'anthropique.

Dans le cadre du REBENT Méditerranée, on s'intéressera uniquement au macrobenthos (organismes dont la taille est supérieure à 1 mm) de l'étage infralittoral qui correspond à la zone immergée compatible avec la vie des algues photophiles et des magnoliophytes marines comme la posidonie.

Du fait de leurs intérêts respectifs, il est admis de distinguer les peuplements de substrats meubles et ceux de substrats durs :

- **Les biocénoses des sédiments meubles** représentent de larges étendues ; certaines unités sont remarquables au niveau diversité et rôle fonctionnel (zones de nourricerie, protection du littoral...), et sont particulièrement sensibles à la contamination pélagique (par les particules qui constituent la vase) ou à l'enrichissement en matière organique dans le sédiment.
- **Les peuplements de substrats rocheux** présentent, de manière générale, un fort intérêt en termes de biodiversité (faune et flore), de production primaire macrophytique et de sensibilité à la qualité de l'eau.

De nombreuses biocénoses remarquables constituent les fonds méditerranéens, les herbiers à magnoliophytes marines, le coralligène et les bioconcrétionnements littoraux. L'inventaire de ces espèces est effectué dans le paragraphe consacré à l'état des lieux (§ 6.1 : inventaire des biocénoses benthiques méditerranéennes et des paysages sous-marins remarquables).

4. La caractérisation de la demande : les besoins finalisés en matière de connaissance et préservation des biocénoses benthiques et de mise à disposition de la donnée

Les biocénoses benthiques sont étudiées depuis environ 150 ans, mais leur prise en compte dans les cadres de gestion est récente, depuis notamment la Directive « Habitats » de 1992. Cette directive, qui donne une existence juridique aux sites NATURA 2000, prévoit notamment de maintenir ou restaurer les habitats (faune et flore) naturels, contribuant à maintenir la biodiversité des espèces sur des espaces définis, pour lesquels des mesures de gestion doivent être établis.

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) a représenté un « input » majeur sur l'utilisation de ces organismes dans l'appréciation de l'état écologique des masses d'eau. Réseau de surveillance par excellence, il a par définition une emprise sur l'ensemble des masses d'eau littorales (et lagunaires) de l'Union Européenne. Simple et ambitieux, dans ses prétentions (attente d'un bon état des masses d'eau en 2015), mais complexe dans sa mise en service (cf. paragraphe 5.2), la DCE a également pris en compte les approches zonale, sectorielle et stationnelle, les besoins d'inventaires (dont les ZNIEFF, les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique), ainsi que le suivi des habitats et des espèces. Ce suivi répond également aux nécessités d'évaluer les conséquences écologiques de pollutions diffuses ou accidentelles.

Par ailleurs, l'information produite concernant le domaine benthique *sensu lato* doit concourir à la mise en œuvre de la politique de l'eau en France, notamment au regard des obligations présentées par la législation européenne (cf. paragraphe 5 relatif à l'analyse du contexte réglementaire). A ce titre, le REBENT Méditerranée peut être considéré comme un « sous-ensemble » des Systèmes d'Information sur l'Eau (SIE) – qui se définit d'ailleurs lui-même comme un ensemble cohérent de dispositifs, processus et flux d'information et de données – mis en place depuis 1992 et objet de la circulaire de mars 2002 définissant notamment le rôle entre l'Etat et les organismes ayant une mission de service public. Cette circulaire prévoit notamment l'élaboration, à l'échelle du bassin, d'un « Schéma Directeur des Données sur l'Eau » (SDDE) qui devra spécifier la mise en œuvre du SIE dans le bassin. Le « protocole SIE », signé en juin 2003 étend aux processus de production de données le « protocole du Réseau Nationale des Données sur l'Eau » (RNDE).

Le SDDE, ses ramifications, ses missions, son périmètre, ses acteurs, ses flux d'information sont rappelés dans le guide préparé par la Direction de l'Eau du MEDD présenté en annexe 2.

La diversité des études existant pour à la fois cartographier les biocénoses et apprécier qualitativement leur état de santé, qu'elles soient réalisées dans des objectifs précis (contrats de baie, Natura 2000, demandes locales correspondant à des aménagements, etc....) ou des réseaux patrimoniaux (dont le Réseau de Surveillance Posidonies - RSP) nécessitent la prise en compte des cadres normatifs locaux, nationaux ou plus élargis.

Pour le benthos, il n'existe pas à ce jour de véritable réseau national structuré mais des projets se sont mis en place sur des thématiques ou des zones particulières :

- Le programme d'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et **Floristique** (ZNIEFF), conduit par le Muséum National d'Histoire Naturelle autour du Service du Patrimoine Naturel (notamment la composante ZNIEFF-mer en cours), qui inventorie les milieux sensibles en associant à chaque zone une fiche de renseignements standardisée précisant les paramètres et les biocénoses concernées selon une typologie propre. Un forum réunissant l'ensemble des acteurs dans le domaine des ZNIEFF-mer a récemment été créé.
- **Le suivi d'espèces invasives**, comme le suivi des caulerpes (*Caulerpa taxifolia*, *C. racemosa*, var. *cylindracea*), fait l'objet de programmes concertés de surveillance même si l'exhaustivité spatiale, et la gestion pérenne des données, ne sont pas toujours assurés :
 - **Le réseau de partenaires "Habitats"** avec la rédaction des « cahiers d'habitats ».
 - **Des initiatives régionales**, notamment en Méditerranée (RSP, RSG).

En Méditerranée, la **DCE** constituera un élément important du REBENT (cf § 5.2), à la fois dans ses composantes « inventaire » et « indicateurs » (information requise par les cadres de gestion). Le REBENT devra répondre également aux objectifs de **Natura 2000** qui, rappelons-le, contribue à préserver la diversité biologique sur le territoire de l'Union Européenne, avec la préservation d'espèces protégées, le maintien ou le rétablissement d'habitats d'espèces, faune et flore. En Méditerranée, plusieurs centaines de km² se situent en milieu marin. Il prendra en compte également les priorités politiques en matière d'**Aires Marines Protégées** (AMP).

En ce qui concerne la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), il est important de rappeler, qu'en 2004, l'Agence de l'Eau et la DIREN de Bassin ont associé Ifremer à la mise en œuvre de la DCE sur les trois régions de la façade, dans le prolongement du partenariat établi dans le cadre du **Réseau Littoral Méditerranéen**. Dans cet objectif, et en liaison avec les travaux réalisés au niveau national (convention MEDD-Ifremer), l'Ifremer a participé à la démarche de caractérisation des masses d'eau identifiées sur les 3 régions. La convention AERM&C-Ifremer a porté en 2005 sur la définition des stratégies de surveillance adaptées aux suivis des différentes masses d'eau, ainsi que sur la réalisation de produits cartographiques de synthèse. Les études réalisées ont, dans un premier temps, évalué la capacité des réseaux actuels à répondre aux besoins de caractériser les états chimique et biologique des masses d'eau à surveiller -selon leur typologie et leur risque NABE - , puis proposé les compléments nécessaires pour répondre aux spécifications de la Directive, qui prennent en compte les pressions locales influençant l'état écologique de ces masses d'eau.

Plusieurs scientifiques Directeurs de Recherche craignent que ce cadre de gestion ne « baisse le niveau scientifique » en prenant en compte – a minima – un nombre limité d'indicateurs, qu'il s'agisse de Posidonies ou de benthos de substrat meuble. Ils souhaitent que les gestionnaires continuent à financer des activités de recherche pour continuer à « maintenir un haut niveau scientifique », « la démarche DCE en cours mobilisant les financements ».

En août 2006, l'Ifremer a organisé à l'échelle des masses d'eaux côtières (et partiellement de transition) des districts Rhône et Côtiers Méditerranéens, et Corse, la première campagne DCE concernant l'acquisition de données dans le cadre du contrôle de surveillance. Réalisée en collaboration avec le bureau d'étude CREOCEAN, la STARESO (STation de Recherche et d'Etudes Sous-marines et Océanographique de Calvi) et de l'Observatoire de Banyuls, cette acquisition a concerné les paramètres « benthos de substrat meuble » et « posidonie ». Divers autres acteurs locaux ont été impliqués du fait de leur connaissance du contexte biocénotique local (ADENA, EPHE-CNRS, OCEANIDE° ; Cette implication semble nécessaire pour les suivis futurs, car ces organismes possèdent des compétences leur permettant d'intervenir directement sur les sites d'étude et dans de bonnes conditions.

La Convention Cadre signée fin 2005 entre l'Ifremer et l'Agence de l'Eau RM&C est venue renforcer le partenariat étroit établi depuis 1991, au travers d'actions comme la mise en œuvre de réseaux régionaux [Réseau Littoral Méditerranéen (RLM), Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO), Réseau de Suivi Lagunaire (RSL), etc.].

Cette convention couvre trois axes stratégiques :

- l'amélioration des connaissances et la compréhension des phénomènes concernant le fonctionnement et le devenir de l'environnement du littoral méditerranéen,
- la surveillance et la mise en œuvre du Schéma Directeur des Données sur l'Eau (SDDE),
- l'élaboration des plans de gestion et l'accompagnement des politiques territoriales du bassin.

Le REBENT prendra en compte ces axes stratégiques pour qu'il puisse s'insérer dans les structures existantes.

Le REBENT Méditerranée prendra également en compte les **études amonts** visant par exemple à comparer les performances des différentes techniques, que ce soit pour la cartographie des biocénoses, ou pour la définition d'indicateurs permettant d'apprécier la vitalité ou la dégradation des biocénoses retenues, puisque ces priorités ont été retenus notamment par les régions PACA et Corse (CTC) dans le cadre de financements INTERREG (fonds FEDER et Régions). Il pourra ainsi servir de base pour l'élaboration de recommandations diverses visant à la recherche des causes de dégradation, à la préservation de la biodiversité, à la préparation des plans de gestion, aux études d'impacts, etc.

Donc, à côté d'une « veille benthique » pour détecter les évolutions à moyen et long termes des habitats, le REBENT Méditerranée prendra en compte **l'ensemble des demandes réglementaires**, et – par voie de conséquence – prendra aussi les paramètres qui y sont associés comme la qualification du milieu (**qualité écologique des biocénoses**)

Ces orientations avaient d'ailleurs déjà été prises en compte par l'AERM&C dans le cadre du SDAGE RMC qui définit de manière globale les orientations fondamentales pour la gestion équilibrée de la ressource en eau (articles 2 et 3 de la Loi sur l'eau) et des milieux aquatiques.

C'est pour aussi répondre à cet objectif de gestion que le littoral méditerranéen a été découpé en 50 « zones homogènes ». Longitudinalement, ce découpage s'appuie sur la configuration naturelle des côtes : présence de lagunes, étangs, deltas, caps, pointes et baies. Transversalement, la bande terrestre regroupe les apports du bassin versant. Cela a notamment permis de prendre en compte l'hydrographie (apports des rivières et des fleuves) et l'assainissement (rejets urbains et industriels). La bande marine correspond à la limite d'influence des apports telluriques sur la qualité globale du milieu. Sa limite a été fixée à la ligne bathymétrique des 100 mètres, représentative d'un volume de dilution satisfaisant dans une mer sans marée.

Chaque unité territoriale a fait l'objet d'une fiche d'identité. Un aperçu de la qualité et de la quantité de l'information éclaire sur les lacunes et les imprécisions en matière de données disponibles. Les problèmes rencontrés et les risques potentiels encourus par l'environnement y sont également résumés.

Ce référentiel benthique est aussi important pour les applicatifs des inventaires directeurs, avec notamment la mise en place et la gestion de zones protégées (**parcs marins, réserves de biosphère, réserves naturelles, zones Ramsar, ...**).

Ces informations sur le benthos sont enfin essentielles pour toute approche de gestion intégrée (**Schémas de Mise en Valeur de la Mer, Contrats de Baie, ...**), du fait des interactions possibles avec de nombreux domaines : tourisme, aquaculture, pêche, aménagements (portuaires, dragages de chenaux, implantation de récifs artificiels, pose de câbles, rejets,...), phénomènes de sédimentation/érosion.

Ces multiples besoins nécessitent de disposer d'une vision régionale et des grandes tendances d'évolution et *in fine* de mettre cette information environnementale au sein de l'organisation du Système d'Information sur l'Eau. Ils sont dans l'ensemble très similaires, en termes de typologie et d'échelles, à ceux définis pour les sites Natura 2000.

En ce qui concerne la surveillance en Méditerranée, deux réseaux benthiques coexistaient avant la mise en place de la DCE, visant à assurer la préservation des ressources benthiques (et suivre la qualité du milieu), pour répondre à des objectifs de gestion :

- **Le Réseau de Surveillance Posidonie (RSP)**, créé en 1984 pour suivre l'évolution de l'état de l'herbier de Posidonie en PACA (mis en place en 2004 pour la Corse).
- **Le Réseau de Surveillance Gorgones (RSG)**, créé en 2001.

Enfin des demandes plus ponctuelles concernant les biocénoses benthiques peuvent surgir à l'occasion de déversements accidentels de pétrole ou de produits chimiques en mer, suffisamment importants pour que le plan **POLMAR, Terre et/ou Mer**, soit déclenché. Bien que les dommages écologiques ne soient pas pris en compte par le FIPOL (Fond international d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures), l'expérience a montré qu'il était nécessaire de pouvoir disposer d'un référentiel précis au niveau des communautés benthiques, afin de pouvoir évaluer un impact à plus ou moins long terme. En outre, en Méditerranée, la présence ou non de posidonies est un élément capital dans l'orientation d'utilisation ou non de dispersants

(produits de traitement des nappes de pétrole) pour répondre à la notion de « Bénéfice Ecologique Net » (Net Benefit Ecological Analysis –NEBA).

L'impact d'une pollution accidentelle par hydrocarbures ou par produits chimiques varie en effet suivant la nature du produit, le lieu et l'époque du déversement, les facteurs physiques du milieu, mais également en fonction des caractéristiques des peuplements qui se trouvent sur la zone de dérive des nappes. Dans tous les cas, le benthos, constitué d'organismes fixés ou sédentaires, s'avère particulièrement vulnérable et mérite une attention particulière. Même pour les produits qui flottent (comme le pétrole brut), une fraction soluble (monoaromatique) ou autodispersible (suivant la teneur en asphaltènes d'un pétrole brut) pourra, en l'absence de tout traitement chimique aux dispersants, affecter les biocénoses benthiques. Les fractions lourdes (comme le goudron non distillable, voire les résidus pétrolier du type de ceux de « l'Erika » ou du « Prestige » ou un pétrole brut comme le Boscan vénézuélien) pourront - après l'évaporation de leur solvant (mélange au résidu pour faciliter son pompage) ou des fractions légères - arriver rapidement à une densité supérieure à l'eau de mer ($\pm 1,03$) et affecter les espèces benthiques, quelles soient animales ou végétales, surtout dans les zones peu profondes.

Il est donc indispensable de pouvoir disposer d'un état de référence des écosystèmes avant pollution (des prélèvements sont d'ailleurs recommandés avant l'arrivée d'une pollution massive afin d'avoir une référence « non contaminée »). C'est la raison pour laquelle, dans le domaine des pollutions accidentelles, il est important de pouvoir disposer :

- de cartes de la répartition des types de biotopes ;
- de descripteurs quantitatifs permettant de suivre l'évolution d'un écosystème à partir d'un état de référence (espèces sentinelles, espèces intégratrices, structure trophique et faunistique, critères globaux tels que biomasse, densité ou diversité).

Au niveau régional, d'autres structures peuvent bénéficier d'un tel référentiel benthique :

- la **Convention de Barcelone** (convention sur la protection du milieu marin et du littoral méditerranéen) comprend dans son article 10 sur la conservation de la diversité biologique, un engagement de protection et de préservation des habitats rares, en régression ou menacés.
- Le **Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM)** a étendu ses efforts sur la lutte contre les pollutions à la planification et la gestion intégrée des ressources. Le PAM Phase II a notamment pour objectifs la gestion durable des ressources marines et la protection du milieu marin et des zones côtières.

Le protocole relatif aux **Aires Spécialement Protégées d'Intérêt Méditerranéen (ASPIM)** de la Convention de Barcelone présente notamment un cadre juridique pour la création d'aires marines protégées. Elle contient, dans son annexe II, une liste des espèces en danger ou menacées.

Le paragraphe 6 « Etat des lieux » décrit la composante benthique de ces cadres de gestion comme un aspect structurant de la « caractérisation de la demande ». Un point plus détaillé est effectué sur la DCE, dont la campagne a débuté en 2006, et dont - par voie de conséquence - les réflexions sur les indicateurs et les indices biotiques ont fait évoluer la nature des besoins dans une approche « F.P.E.I.R » (Forces motrices, Pressions, Etat, Impacts, Réponse) promue par l'OCDE et initiée en Méditerranée par l'AERM&C.

Le REBENT Méditerranée fera également le lien avec **les programmes de recherche** et servira non seulement de base de connaissance pour ces programmes mais pourra éventuellement servir de support pour la bancarisation des données (sur la base d'un cahier des charges à définir).

Le dimensionnement du REBENT passe donc par la définition d'une base de données susceptible d'accueillir l'ensemble des données, ainsi que par l'accès - à l'information brute ou élaborée - se déclinant à l'échelle des trois régions méditerranéennes. Il passe aussi par le lien avec les autres programmes existant aussi bien à l'Ifremer (programmes DYNECO, GIZC) que dans les stations marines et les laboratoires universitaires (cf. réseau d'experts au § 6.4).

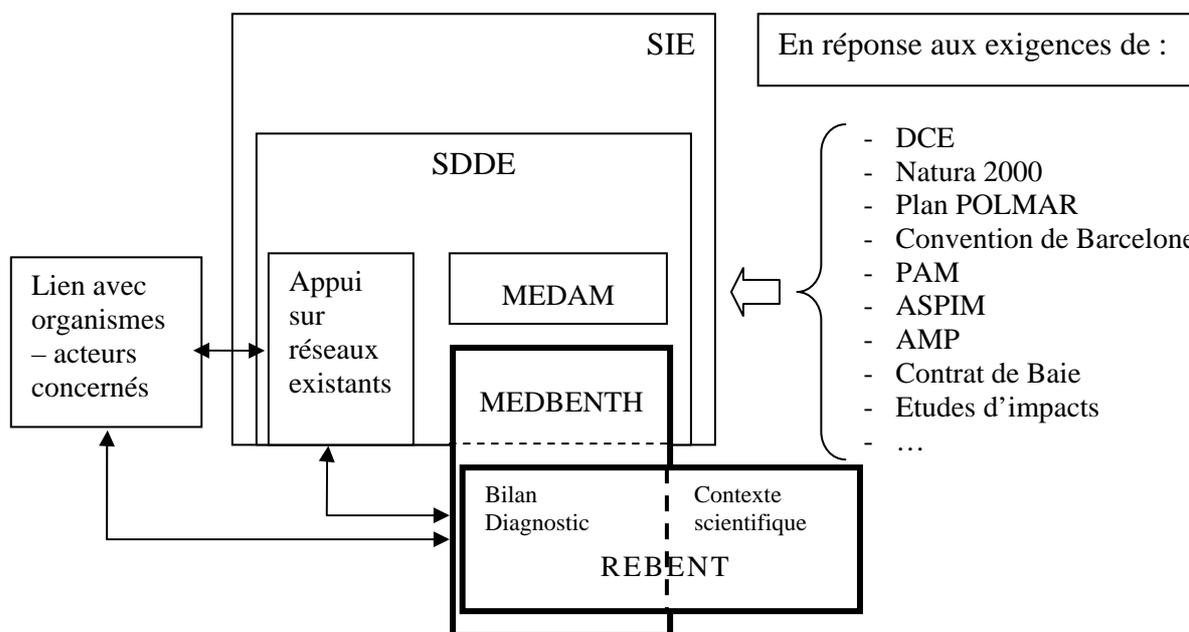
Au niveau taxonomie, C. Emig, Directeur de Recherche du C.O.M. (Université de Marseille) a souhaité faire partie du **groupe de travail Quadrige² sur la taxonomie**. Il renvoie notamment aux check-lists élaborées par lui et hébergées sur le serveur du Ministère de l'Education espagnole : <http://paleopolis.rediris.es/BrachNet/> et <http://paleopolis.rediris.es/Phoronida/>. Plus de précisions sont apportées dans le § 7.1.3.

Le REBENT Méditerranée devra enfin s'articuler avec le **MEDBENTH** en cours de gestation. MEDBENTH sera le portail du bassin sur les biocénoses benthiques, composante du RLM, et conforme aux orientations générales du SDAGE du bassin RMC. En tant qu'élément du SDDE, le MEDBENTH aura pour vocation de mettre à disposition des données cartographiques visant à donner l'état de l'art de l'existant et à expliquer les évolutions ; une synthèse cartographique à l'échelle de la façade méditerranéenne est - mi 2006 - en voie d'achèvement, dans le cadre d'une action financée par l'AERM&C. A l'image de MEDAM (côtes méditerranéennes françaises ; Inventaire et impact des aménagements gagnés sur le domaine marin), consultable sur le site http://sigcol.unice.fr/website/MEDAM/site_medam/index.php). MEDBENTH offrira des données brutes, élaborées et des cartographies sur les biocénoses benthiques. Sous maîtrise d'œuvre AERM&C (avec participation de la Région et de la DIREN PACA), les partenaires techniques qui seront chargés de la mise en place du MEDBENTH pourront bénéficier des acquis du REBENT ; une articulation REBENT-MEDBENTH est donc à prévoir.

Ce point est d'ailleurs clairement prévu par l'Ifremer qui prévoit, avec chaque SDDE, une définition des besoins en terme de services et un interfaçage Web. Il est à noter aussi que le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE) (<http://sandre.eaufrance.fr/>) élabore le langage commun des données sur l'eau. A ce titre, il est chargé au sein du *Système d'Information sur l'Eau (SIE)* d'établir la normalisation des données afin de rendre compatible et homogène la définition et l'échange des données entre les producteurs, les utilisateurs et les banques de données. Les missions du SANDRE sont (i) la normalisation des données, des métadonnées et des services dans le cadre de l'interopérabilité (communication entre eux) des systèmes

d'information sur l'eau, (ii) l'administration des référentiels communs au domaine de l'eau, (iii) l'élaboration des formats d'échanges et scénarios d'échanges informatisés. Ce format sera à prendre en compte dans les différentes articulations.

Le schéma ci-après est une tentative de positionnement du REBENT autour de ces différents cadres.



Outre les résultats de la « surveillance » *sensu lato* et des inventaires, le REBENT intégrera également les données de la recherche scientifique opérée par l'Ifremer et ses partenaires dans le cadre des INTERREGs par exemple III-A – AISC et IIIB – Posidonia – se reporter aux paragraphes 6.3.6 et 6.3.7. Le SDDE pourra s'appuyer sur le REBENT pour l'acquisition de la donnée. Des « passerelles » sont à prévoir. Les sites web « sierm.eaurmc.fr » et « siecorse.eaurmc.fr » fournissent des données informatives, des données élaborées (cartographies), des liens avec les autres sites, sur l'ensemble de la Méditerranée.

Les quatre chapitres qui suivent, pour reprendre et compléter l'approche effectuée sur les autres façades, concernent respectivement :

- L'analyse du contexte réglementaire,
- L'état des lieux,
- La bancarisation des données,
- Les outils de surveillance et de cartographie adaptés à la Méditerranée.

5. Analyse du contexte réglementaire impliquant le compartiment benthique en Méditerranée

5.1. Réglementation concernant la protection des espèces marines

5.1.1. Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 concernant la protection de la Nature (Annexe 4)

La loi relative à la protection de la nature est la première étape vers une protection individuelle des espèces animales et végétales mais souligne toutefois, la nécessité de préserver les équilibres biologiques qui lient ces espèces entre elles. L'article 3 de cette loi fixe les conditions de la protection individuelle d'espèces rares ou menacées. Le décret n°77- 1295 du 25 novembre 1977 a été pris pour son application ; il fixe les démarches à suivre concernant les arrêtés ministériels de protection des différentes espèces :

- **L'arrêté ministériel du 19 juillet 1988** a pour objet la protection des magnoliophytes marines sur l'ensemble du territoire français. Les espèces concernées sont *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Nanozostera noltii* et *Zostera marina*.
- **L'arrêté ministériel du 26 novembre 1992** concerne la protection de six espèces d'invertébrés marins sur l'ensemble du territoire français (Annexe 6) : *Pinna nobilis*, *Pinna rudis*, *Patella ferruginea*, *Lithophaga lithophaga* (Mollusques), *Centrostephanus longispinus* (Oursin), *Scyllarides latus* (Crustacé).

5.1.2. La Convention de Berne

La Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et des milieux naturels en Europe, adoptée le 19 septembre 1979 est entrée en vigueur le 01 juin 1982. Elle concerne :

- les espèces de flore strictement protégées (Annexe I de la Convention)
- les espèces de faune directement protégées (Annexe II de la Convention)
- les espèces de faune protégées (Annexe III de la Convention)
- les moyens et méthodes de chasse et autres formes d'exploitation interdits (Annexe IV de la Convention)

Le décret du 07 juillet 1999 a publié des amendements aux annexes I, II, III et IV de la Convention de Berne (Annexe 7). Environ 80 espèces méditerranéennes y figurent (sans compter les cétacés et les tortues).

5.1.3. La Convention de Barcelone

La Convention de Barcelone sur la protection de la Méditerranée, mise en place en 1976 à Barcelone, a fait l'objet d'une importante révision en 1995 ; les objectifs de développement durable de la Conférence de Rio de 1992 ont ainsi été intégrés à la Convention. Le Protocole relatif à la conservation des Aires Spécialement Protégées a été ratifié par la France en décembre 2002¹. Il comprend dans ses annexes notamment les listes animales et végétales pour lesquelles les états signataires s'engagent à prendre des mesures législatives et réglementaires afin de les protéger (Annexe 8), il s'agit de :

- l'Annexe II, liste des espèces en danger ou menacées (la seule différence avec les annexes de la Convention de Berne est l'absence de *Cymodocea nodosa*).
- l'Annexe III, liste des espèces dont l'exploitation est réglementée.

5.1.4. Réglementation spécifique à la Région PACA

Au niveau régional, l'Arrêté du 9 mai 1994 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur prend en compte les Zostères *Nanozostera noltii* et *Zostera marina*.

La pêche à l'hameçon et la chasse sous-marine du mérrou *Epinephelus marginatus* sont interdites sur l'ensemble du littoral de la Méditerranée occidentale. Ce moratoire est, mis à part l'avenant concernant la pêche à l'hameçon, celui qui est reconduit depuis 1993 sous la signature du Préfet de la Région PACA, qui est aussi compétent pour la Région Languedoc-Roussillon, en matière de pêche maritime. Il agit donc de Monaco à Cerbère (Arrêté n° 2002/1113, articles 1 et 2).

5.2. Réglementations concernant la protection du littoral et des habitats marins : La DCE

En dehors de la « **Loi Littoral** » de 1986 qui fixe les grandes lignes de la préservation des milieux naturels côtiers et de la « **Loi sur l'Eau** » de 1992 qui définit les principes d'une nouvelle politique de l'eau en affirmant que l'eau est un patrimoine commun dont la gestion équilibrée est d'intérêt général, c'est la **Directive Cadre Eau (DCE)** qui représente le cadre de gestion principal concernant la caractérisation de l'état des milieux, sa préservation, sa restauration ; ce paragraphe entièrement dédié à la DCE, et plus particulièrement à sa composante benthique.

Vu l'importance de la DCE, obligations, enjeux, attendus, implications financières, volume de travail à réaliser (terrain, groupe de travail, choix d'indicateurs, d'indices

globalisés...), il était important d'effectuer une analyse complète de la situation (une vingtaine de pages sont consacrées à la DCE et ses répercussions sur le compartiment benthique).

5.2.1. Rappels succincts sur le réseau de suivi et les paramètres pris en compte dans la DCE

La Directive Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/EC) impose une obligation de résultats, en fixant des objectifs environnementaux et chimiques majeurs, à atteindre par tous les États Membres. Son application nécessite notamment la mise en place d'un **programme de surveillance** dès 2006, reprenant des éléments de la note de cadrage du MEDD relative à la mise en œuvre des réseaux de contrôle, pour évaluer l'état écologique des masses d'eaux côtières et de transition, avec comme objectif l'adoption d'un programme de mesures et du plan de gestion de 2009, et l'atteinte d'un « bon état » en 2015. Ces différents contrôles (surveillance, opérationnels...) prévoient le suivi de l'état écologique dans différents compartiments, dont deux intéressent le REBENT : les macrophytes (macroalgues et magnoliophytes) et le benthos de substrat meuble (macrozoobenthos). Deux districts hydrographiques sont concernés : le district Rhône et Côtier Méditerranéen et le district corse.

La fixation d'objectif de bon état et des milieux entraîne une adaptation et un renforcement des dispositifs de suivi existants. Les outils EQR (Environmental Quality Ratio), c'est-à-dire le rapport entre valeurs observées et valeurs de référence, pour les peuplements et les indicateurs en cours de mise au point pour chacun des domaines concernés.

Dans sa transposition en droit français, la DCE renforce le rôle des SDAGE qui fixeront les objectifs de la qualité des eaux, les modalités de récupération des coûts et les dispositions nécessaires pour prévenir la détérioration de l'eau.

Les masses d'eaux qui ont été définies le long du littoral méditerranéen (carte 1) l'ont été en fonction de leurs caractéristiques physiques ainsi que des pressions qui s'y exercent, en suivant le cadre zonal défini avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (AERM&C).

Plusieurs types de contrôles sont mis en œuvre pour apprécier l'état écologique des eaux côtières et de transition :

- **Les contrôles de surveillance** sont réalisés tous les 3 ans, par l'Ifremer, en tant que maître d'ouvrage, dans une **sélection** de masses d'eau représentatives de l'état des eaux en se référant à une typologie préétablie. Les objectifs de cette surveillance sont de : « (...) évaluer les changements à long terme des conditions naturelles, évaluer les changements à long terme résultant d'une importante activité anthropogénique. » (Annexe V – art. 1.3.1 de la directive). En Méditerranée, les contrôles de surveillance dans les eaux côtières ont débuté le 17 mars 2006.
- **Les contrôles opérationnels** (maîtrise d'ouvrage non encore formalisée) seront effectués dans **toutes** les masses d'eau, présentant un **Risque de Non Atteinte du Bon Etat Ecologique** (RNABE) fort, c'est à dire dans les masses d'eau dont la qualité ne risque pas de s'améliorer d'ici 2015. Les objectifs sont de suivre ces eaux identifiées *a priori* comme problématiques du fait des **pressions exercées par les**

activités humaines et d'évaluer les mesures qui y seront mises en œuvre. Ces contrôles seront réalisés par les collectivités territoriales en 2009. Il s'agit des zones classées « NABE » pour des raisons identifiées dans les états des lieux, pour lesquelles le benthos est un indicateur privilégié de l'ampleur et de l'incidence des contaminations.

- **Les contrôles d'enquête**, longues pour des raisons inconnues ou en cas de pollution accidentelle, de fortes concentrations ou dégradations sont observées.
- **Les contrôles additionnels** sont requis pour les eaux de surfaces inscrites au registre des zones protégées (zones Natura 2000, par exemple). Ces contrôles doivent s'attacher à vérifier les pressions qui affectent ces zones nécessitant une protection spéciale visant la conservation des habitats directement dépendants de la qualité de l'eau.

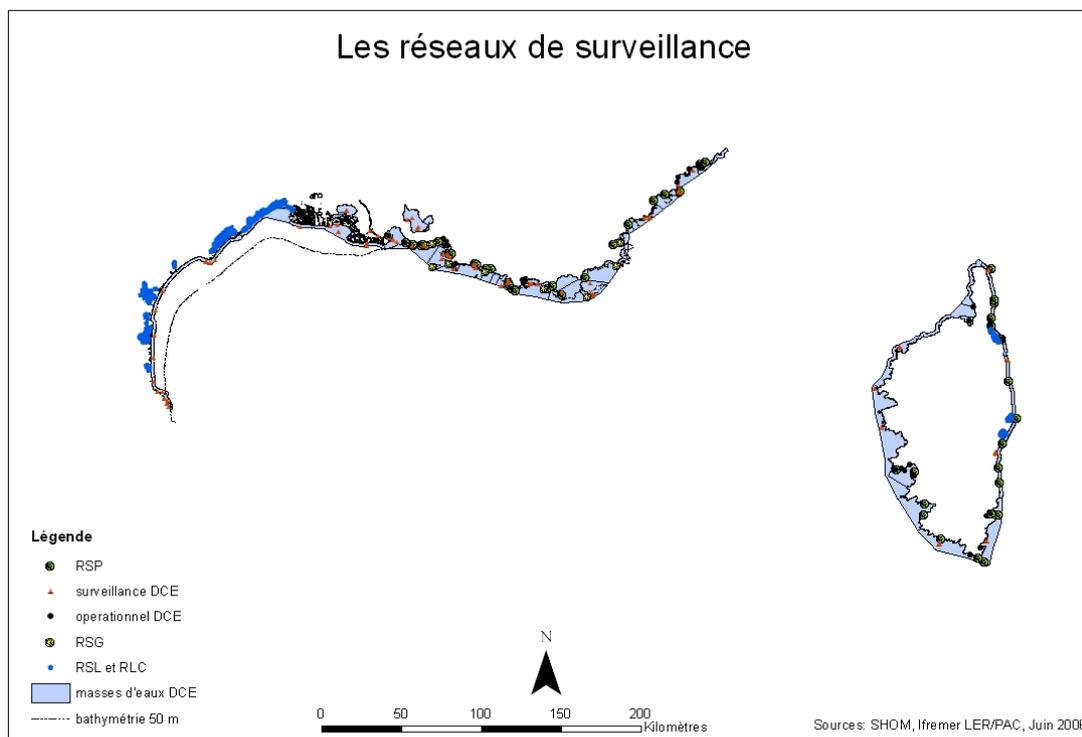


Figure 1 : Les réseaux de surveillance en Méditerranée à composante benthique (dont la DCE)

A côté de ce réseau de suivi, un réseau de **site référent** (référentiel écologique dans chaque type de masse d'eau) et un réseau **d'inter-étalonnage** (pour comparer entre Etats-membres les valeurs mesurées aux bornes du bon état écologique) doivent être opérés en 2006 et 2007.

Les contrôles de surveillance et opérationnels sont effectués dans des secteurs bien définis par rapport aux rejets du bassin versant qu'ils soient naturels ou anthropiques (Figure 1). Ces contrôles s'appuient sur les notions de champ définies dans le cadre du RLM (Réseau Littoral Méditerranéen), où apparaissent les notions de :

- **Champ proche**, pour les zones influencées directement par un rejet (de l'ordre de la centaine de mètres ou plus suivant l'apport).
- **Champ moyen**, pour les zones encore soumises à l'influence des rejets mais dans des conditions homogènes avec une concentration des contaminants nettement inférieures à celles présentes dans le champ proche. On qualifiera cette zone de zone tampon. (zone distante de 1 Km ou plus de la côte).
- **Champ lointain**, pour les zones hors d'atteinte ou très faiblement influencées par le rejet. (zone située au large, à plusieurs kilomètres).

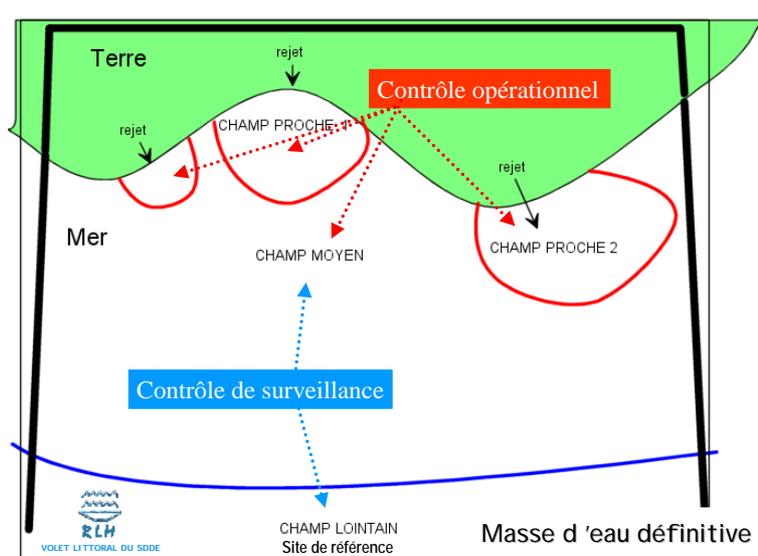


Figure 2 : Détermination des points de contrôles

Une délimitation précise de ces champs ne peut pas être effectuée car elle dépend du débit des apports (bassin versant et émissaire), ainsi que des conditions météorologiques.

Les contrôles de surveillance concernent essentiellement le champ moyen, dans une moindre mesure le champ lointain hors de l'influence directe des rejets, afin d'intégrer les pressions s'exerçant sur l'ensemble de la masse d'eau. Les contrôles opérationnels concernent le champ proche essentiellement et porteront sur les masses d'eau à risque NABE fort. Un suivi de la qualité pourra ainsi être réalisé dans le « champ moyen », en cohérence avec le contrôle de surveillance, pour juger des améliorations apportées au cours du **plan de gestion**.

Le Réseau Littoral Méditerranéen (RLM) s'inscrit dans une démarche élargie d'élaboration d'objectifs de qualité pour les milieux littoraux, marins et lagunaires. Il est géré par l'Agence de l'Eau RM&C

Cette stratégie se résume en deux points :

- d'une part, compléter l'information disponible par la production des données suffisantes sur le plan spatial, temporel et thématique, et ceci en adéquation avec la demande exprimée par les acteurs locaux,
- d'autre part, coordonner, harmoniser et mettre en commun les données produites par les gestionnaires des réseaux de mesure de la qualité des eaux pour mieux les valoriser.

Le principal effort en matière de développement méthodologique a également porté sur la définition d'indicateurs écologiques du milieu littoral et marin. Cela s'est traduit également par le lancement d'études spécifiques à caractère parfois novateur, comme, par exemple, la définition d'un indice benthique ou d'un indice gorgonaire.

Plus d'informations dans : <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/rlm/> et au paragraphe 6.2.1.

Les paramètres biologiques de la DCE concernant le REBENT sont les compartiments « Végétation » et « Invertébrés ». Les aspects liés au phytoplancton, les paramètres hydrologiques en appui ainsi que les aspects relatifs à l'état chimique ne sont pas pris en compte dans le REBENT. Pour chacun de ces deux grands compartiments précités, différents documents ont été établis par les groupes de travail :

- Une **fiche générale** rappelant :
 - les obligations et/ou recommandations DCE concernant l'élément de qualité biologique (paramètres biologiques à prendre en compte, principes d'évaluation et fréquences),
 - les éléments de sélection des éventuels sous-ensembles d'habitat retenus en priorité pour les contrôles DCE,
 - les principaux paramètres biologiques de suivi par habitat retenu.

Pour la Méditerranée, les contrôles de surveillance seront effectués sur les **magnoliophytes** marines, notamment la posidonie pour les eaux côtières, et sur les **invertébrés benthiques**. Un consensus au niveau du choix des indicateurs a permis de débiter le contrôle de surveillance en mars 2006 sur la façade méditerranéenne ; les groupes de travail concernés ont bien acté que cette méthodologie était évolutive et prendraient en compte dès 2009, les acquis des autres pays méditerranéens (Espagne, Italie, Grèce, notamment)

- **Des fiches techniques**, établies par grand type d'habitat, précisant le domaine géographique concerné, le principe de la surveillance, la stratégie spatio-temporelle, les protocoles d'échantillonnage, d'analyse et de traitement des échantillons ainsi que les sites de référence envisagés. Les paramètres en support sont également précisés (voir le plan général des fiches en annexe 3).

Ces fiches techniques ont été élaborées sur la base :

- des éléments validés par les groupes nationaux d'experts lors des deux sessions de décembre 2004 et février 2005 ;
- de la littérature (notamment des normes lorsqu'elles existent) et des méthodologies existantes (réseaux de surveillance, comme le RSP) ;

- dans le cas des lagunes, les fiches ont été rédigées principalement à partir de l'expérience issue du Réseau de Suivi Lagunaire (RSL), et de sa composante corse, le Réseau Lagunaire corse (RLC).

Les référentiels utilisés dans les fiches sont :

- La typologie EUNIS version 2004 pour la classification des habitats, (voir annexe 4), mise en place par les anglo-saxons, conçue pour un travail de cartographie (plusieurs niveaux existent) ;
- L'ERMS (European Register of Marine Species), en attendant le référentiel QUADRIGE 2, pour la taxinomie ;
- Le référentiel QUADRIGE 2 pour les métadonnées. En effet, il est essentiel de conserver toutes les métadonnées (méthodes et conditions d'échantillonnage, observations relatives aux prélèvements ou aux mesures...) pour l'analyse et l'interprétation des données. Ces métadonnées ont vocation à intégrer la base de données QUADRIGE 2, et devront par conséquent s'y conformer (voir paragraphe 7).

En ce qui concerne les **fréquences des contrôles**, les prescriptions de l'Annexe V de la directive sont les suivantes :

*« Durant la période du contrôle de **surveillance**, (...), pour les éléments de qualité biologique ou hydromorphologique, le contrôle est effectué au moins une fois durant la période du contrôle de surveillance (6 ans).*

*Pour les contrôles **opérationnels**, (...), les contrôles devraient avoir lieu à des intervalles ne dépassant pas ceux indiqués, à moins que des intervalles plus longs ne se justifient sur la base des connaissances techniques et des avis d'experts.*

Les fréquences sont choisies de manière à parvenir à un niveau de confiance et de précision acceptable. Sont choisies des fréquences de contrôle qui tiennent compte de la variabilité des paramètres résultant des conditions à la fois naturelles et anthropogéniques. L'époque à laquelle les contrôles sont effectués est déterminée de manière à réduire au minimum l'effet des variations saisonnières sur les résultats, et donc à assurer que les résultats reflètent les modifications subies par la masse d'eau du fait des variations des pressions anthropogéniques. Pour atteindre cet objectif, des contrôles additionnels seront, le cas échéant, effectués à des saisons différentes de la même année. »

Les stratégies spatiales et temporelles pour chacun des deux compartiments sont résumées dans les paragraphes qui suivent.

5.2.2. Les méthodes d'évaluations

5.2.2.1. La « Végétation benthique »

➤ **Recommandation au Groupe de travail DCE sur la végétation benthique**

Ce groupe de travail, en lien avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (AERM&C), a focalisé ses efforts sur les magnoliophytes marines dont la posidonie espèce emblématique méditerranéenne. Les macroalgues (dont la caulerpe) ne sont pas prises en compte comme indicateur par le groupe de travail sur la DCE dans le contrôle de surveillance, en 2006, mais pourront l'être dans le contrôle opérationnel.

La surveillance des magnoliophytes est rendue obligatoire par l'article 1.1.4 de l'annexe V de la DCE, qui inscrit ce paramètre à la liste des indicateurs des masses d'eaux côtières. Elle va être systématiquement mise en œuvre dans le cadre du contrôle de surveillance (Annexe V – art. 1.3.1). Le choix de la posidonie a été retenu sur la base de sa représentativité en Méditerranée et de sa pertinence par rapport aux enjeux (AERM&C, 2003).

Les indicateurs retenus dans le cadre du contrôle de surveillance sont :

- des paramètres d'extension spatiale facilement appréhendés par des évaluations surfaciques d'emprise, des taux de couverture, des détections de limite inférieure ;
- des paramètres de vitalité des espèces principales (densité, biométrie foliaire...) ;
- des paramètres d'équilibres entre espèces ou groupes d'espèces de sensibilité différentes seront pris en compte dans les contrôles opérationnels.

➤ Indicateurs retenus pour la végétation benthique

⇒ La posidonie

- Dans les **eaux côtières**, l'herbier de **posidonies** seul a été retenu par le groupe de travail; les principales pressions proviennent de la contamination du littoral, des aménagements, de la pêche aux arts traînants, des ancrages, de l'eutrophisation et de l'aquaculture. En vue de mettre en place une approche standardisée des descripteurs pertinents et des grilles de lectures, une étude comparative, à laquelle a été associée 8 pays, a été conduite sur l'ensemble de la Méditerranée. Les principaux éléments sont retranscrits dans le tableau 1.

Tableau 1 : Paramètres biologiques pour le suivi des herbiers de posidonies, comparaison des stratégies par pays.

Paramètres biologiques utilisés dans les différents pays et fréquences d'utilisation en % (France, Italie, Malte, Algérie, Turquie, Egypte, Grèce, Espagne)		Expérience Française	Recommandations françaises pour la DCE	Existence de grilles de classification
Limite inférieure	88 %	Réseau suivi Posidonie (RSP) et études complémentaires	Oui	Disponibilité de seuils par paramètre à adapter pour la
Densité	88 %		Oui	
Limite supérieure	80 %		Non	
Couverture épiphytique	76 %		Oui	

Biométrie foliaire	72 %		Oui	DCE
Structure de la matre	72 %		Oui	
Mesures de datation	60 %		Oui	
Populations associées à l'herbier	60 %		Non (contraintes techniques)	
Recouvrement	50 %		Oui	
Composition chimique et biochimique	28 %		Oui (teneur en azote des feuilles)	
Contamination	24 %		Non	

Sur la base de ces échanges et des conclusions du groupe de travail « posidonie » définie en février 2006, un nombre limité d'indicateurs a été retenu pour les contrôles de surveillance des eaux côtières pour la campagne du mois de mars de la même année.

Le tableau 2 donne les critères retenus pour la DCE Méditerranée.

Profondeur	Paramètres
15 mètres	Densité
	Surface foliaire
Limite inférieure de l'herbier	Profondeur
	Type de limite
	Type de substrat
	Surface foliaire
	% de rhizomes plagiotropes
	Densité
	Recouvrement
Déchaussement des rhizomes	

Tableau 2 : liste des paramètres utilisés pour le suivi des herbiers de posidonie pour les contrôles de surveillance

On constate qu'il s'agit d'une lista « *a minima* », d'autres indicateurs pris en compte par d'autres pays n'ayant pas été retenus pour cette première campagne. Cette liste restreinte doit cependant permettre d'apprécier l'état écologique des masses d'eau échantillonnées.

⇒ Les macroalgues

- Dans les **lagunes** (eaux de transition), la richesse spécifique et le taux de recouvrement relatif des espèces de macrophytes (macroalgues + angiospermes) représentatives des milieux non perturbés sont pris en compte (dont les herbiers de zostères) selon une méthodologie fondée sur la méthode mise en œuvre dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire (RSL). Les macrophytes sont en effet sensibles aux pressions anthropiques : eutrophisation, turbidité, anoxie, changement de salinité des eaux, changements morphologiques, perte d'habitat (dragage, impact des engins de pêche...).

Les changements hydromorphologiques (érosion, excès de dépôts, etc...) se traduisent

Le Réseau de Suivi Lagunaire (RSL), lancé en 2000 en Languedoc-Roussillon, s'inscrit dans le dispositif du PLM et du SDAGE qui préconise de lutter contre l'eutrophisation. En 2002, a été mis en place le **Réseau Lagunaire Corse (RLC)** qui répond aux mêmes objectifs :

- La surveillance qui se décline en deux types d'action :
 - Le suivi global : évaluer et suivre l'évolution de l'état vis-à-vis de l'eutrophisation des écosystèmes lagunaires
 - Les suivis particuliers : répondre, en concertation avec les structures locales de gestion, à des problématiques environnementales spécifiques à un ou plusieurs écosystèmes, par des suivis ou des études ponctuelles
- L'aide à la gestion qui vise à fournir des diagnostics permettant aux structures locales de gérer les milieux lagunaires.

La surveillance mise en œuvre permet de réaliser à l'échelle de 22 lagunes (+ lagunes de Biguglia, Diane et Urbino pour le RLC) :

- un diagnostic annuel de la qualité de l'eau (hydrologie, sels nutritifs, phytoplancton) sur 47 stations (+ 12 stations RLC),
- un diagnostic complet de l'état des lagunes réalisé tous les 5 ans, prenant en compte les végétaux aquatiques (macrophytes benthiques), les sédiments et la macrofaune benthique (invertébrés) sur 430 stations (+ 60 stations RLC),
- un diagnostic simplifié des macrophytes tous les 3 ans.

Plus d'information au paragraphe 6.2.2.

par une perte d'habitat à la périphérie. Le déficit de lumière résultant de la turbidité et de l'eutrophisation limite leur extension en profondeur. L'excès de sels nutritifs favorise le développement des algues opportunistes. Globalement, lorsque la pression s'accroît, on assiste à une perte d'extension, de densité et de biomasse mais également à la disparition des espèces dépendantes des herbiers.

5.2.2.2. Les « Invertébrés benthiques »

➤ **Recommandation au groupe de travail sur les Invertébrés benthiques**

Les macroinvertébrés benthiques constituent aussi un excellent indicateur de l'état général du milieu et peuvent permettre, grâce à certains organismes sensibles, d'identifier et de quantifier les pressions d'origine anthropogénique qui s'exercent sur ces masses d'eau.

Le suivi des invertébrés benthiques concerne (art.1.2.3) :

- « le niveau de diversité et d'abondance des taxa (...)
- tous les taxa sensibles aux perturbations (...) ».

La DCE signale que « les stratégies de surveillance et les protocoles à mettre en place dépendent du type de fond ». En Méditerranée, c'est le benthos de substrat meuble qui a été choisi par le groupe de travail. Les pratiques et connaissances en matière de

surveillance des macroinvertébrés sont en effet plus avancées et mieux standardisées en milieu meuble qu'en milieu rocheux. Des propositions, qui doivent être approfondies, ont été faites pour les substrats durs et pourront être prises en compte dans les contrôles opérationnels.

Dans le cadre des contrôles additionnels liés aux zones protégées, et si nécessaire, dans le cadre du contrôle opérationnel, le suivi des invertébrés benthiques devra être adapté.

➤ **Indicateurs retenus pour les invertébrés benthiques**

Pour l'ensemble des masses d'eaux, il est nécessaire de prendre en compte la densité totale des invertébrés benthiques (taille > 1 mm) et d'établir la liste faunistique allant jusqu'à l'espèce. Plusieurs indices ont été mis au point, qui ont la même finalité mais avec une méthodologie différente : par exemple l'indice espagnol (AMBI) – en train de devenir l'indice modifié m-AMBI - l'indice grec (BENTIX) ou encore l'indice trophique (IT) (cf. paragraphe 5.2.5.1).

Les suivis de la bathymétrie et du type de substrat (nature et qualité) seront effectués en appui : lors des prélèvements de macrofaune benthique, des mesures de granulométrie et de teneur en matière organique du sédiment devront être effectuées sur les masses d'eaux concernées par un contrôle de surveillance.

Le sédiment est prélevé à l'aide d'une benne Van Veen en mer et une benne Eckman-Birge en lagune . Ce sédiment est tamisé (maille de 1mm). Les animaux récupérés sont dénombrés et déterminés.

En ce qui concerne la côte, les indicateurs ne sont pas encore finalisés, mais le groupe de travail s'oriente vers un développement d'un indicateur d'artificialisation et d'érosion des berges.

5.2.3. Stratégie spatiale

5.2.3.1. Les eaux côtières

Le contrôle de **surveillance** porte sur les masses d'eau représentatives de la typologie, du risque NABE faible ou fort et des pressions. A ce titre, les groupes d'experts ont retenu une liste de 13 masses d'eau sur le district Rhône-côtier Méditerranée et de 6 masses d'eau sur le district Corse (tableau 3).

Tableau 3 : *Masses d'eau côtières proposées au titre de contrôle de surveillance*

District Rhône-côtier Méditerranée

Code EU	Type	Nom de la masse d'eau	Risque NABE	Principales pressions anthropiques
FRDC1	B	"Frontière espagnole - Racou Plage "	Doute	Panache du Rhône *
FRDC02a	C	"De Racou plage à l'embouchure de l'Aude "	Doute	Panache du Rhône , apport des cours d'eau
FRDC2c	C	"Cap d'Agde"	Doute	Mouillages forains, apport des cours d'eau côtiers , urbanisation
FRDC3	D	"Estuaire du Rhone"	Doute	Hydromorphologie , apports du Rhône
FRDC4	E	"Golfe de Fos"	Fort	Pôle industriel et portuaire , pêche aux arts trainants , apports du Rhône
FRDC5	F	"Côte Bleue "	Faible	Pêche aux arts trainants , espèce invasive
FRDC6b	E	"Pointe d'Endoume - Cap Croisette et Iles du Frioul"	Doute	Zone portuaire , urbanisation , aménagements littoraux et espèce invasive , pollution industrielle historique ,activités subaquatiques
FRD 7a	G	" Cortiou"	Fort	Rejet urbain
FRDC7b	G	"De Cap croisette au Bec de l'Aigle"	Faible	Activités subaquatiques , mouillages forains
FRDC7e	G	" Ilot Pierre Plane - Pointe du Gaou"	Faible	Activités subaquatiques , mouillages forains
FRDC7h	G	"Iles du Soleil"	Faible	Mouillages forains , espèce invasive
FRDC8d	I	"Ouest Fréjus - Pointe de la Galère "	Faible	Mouillages forains , espèce invasive
FRDC9a	J	"Cap d'Antibes - sud port Antibes"	Faible	Espèce invasive

* Concernant la zone FRDC1 « frontière espagnole – Racou plage », le panache du Rhône n'est pas la seule pression anthropique. D'autres pressions ont été référencées par Dalias (2004) et dans le cadre du document d'objectifs Natura 2000 « Posidonie de la Côte des Albères » : apport des cours d'eau, mouillages forains, aménagements (zone portuaire, urbanisation), activités (pêche, plongée sous-marine, plaisance), etc.

District Corse

FREC02ab	K	Cap Est de la Corse	Faible
FREC02d	K	Plaine Orientale	Faible
FRE 03ad	B	Littoral Sud de la Corse	Faible
FREC03eg	B	Littoral Sud Ouest de la Corse	Faible
FREC 04ac	I	Pointe Senetosa – Pointe Pala	Faible
FREC01ab	H	Pointe Palazzu – Sud Nonza	Faible

Les masses d'eau côtières retenues au titre du contrôle **opérationnel** (tableau 4) seront susceptibles d'évoluer en fonction des résultats des investigations complémentaires qui s'engageront sur les masses d'eau à risque NABE doute.

Le contrôle opérationnel permettra de suivre l'évolution des masses d'eau à risque soumises à des pressions importantes suite aux programmes de mesure qui y seront opérés.

Tableau 4 : *Masses d'eau côtière retenues au titre du contrôle opérationnel*

Code EU	Type	Nom de la masse d'eau	Risque NABE	Principales perturbations
FRDC4	E	"Golfe de Fos"	Fort	Pôle industriel et portuaire, pêche aux arts traïnants, apports du Rhône
FRDC6a	E	"Petite Rade de Marseille"	Fort	Zone portuaire, urbanisation, aménagements littoraux et espèce invasive, pollution industrielle historique
FRD 7a	G	" Cortiou"	Fort	Rejet urbain
FRDC7g	G	" Cap Cepet - Cap de Carqueiranne"	Fort	Zone portuaire, urbanisation, aménagements littoraux et espèce invasive
FRDC9b	J	"Port Antibes - Port de commerce de Nice"	Fort	Urbanisation et aménagements littoraux, apports du Var, espèce invasive
FRDC9d	I	"Rade de Villefranche"	Fort	Urbanisation et aménagements littoraux, mouillages forains, espèce invasive

5.2.3.2. Les eaux de transition

Pour obtenir un résultat représentatif, il a été proposé de retenir plusieurs masses d'eau au titre du contrôle de **surveillance** sur la base de critères géomorphologiques, ainsi que du risque NABE et des principales pressions anthropiques et hydromorphologiques (tableaux 5 et 6).

Tableau 5 : *Masses d'eau de transition proposées au titre de contrôle de surveillance dans le district Rhône-côtier Méditerranée*

Code EU	Type	Nom de la masse d'eau	Risque NABE	Principales pressions anthropiques	Principales pressions hydromorphologiques
TR2	(TW-M7 Med)	Salses-Leucate	faible	Pression urbaine	Artificialisation des berges
TR3	(TW-M7 Med)	La Palme ⁽¹⁾	faible	Peu de pression	Peu de pression
TR4	(TW-M7 Med)	Bages-Sigean	doute	Pression industrielle, urbaine, agricole	
TR9	(TW-M7 Med)	Grand Bagnas	doute	Qualité des tributaires	Gestion hydraulique, comblement
TR10	(TW-M7 Med)	Thau	doute	Pression urbaine et industrielle	Artificialisation des berges, espèces introduites
TR11 (a)	(TW-M7 Med)	Or	fort	Pression agricole et urbaine	Comblement , gestion hydrolique
TR11 (b)	(TW-M7 Med)	Palavasiens Est	fort	Pression urbaine	Comblement, canal
TR14 (d)	(TW-M7 Med)	Complexe Vaccarès	doute	Pression agricole	Gestion hydraulique
TR15 (a)	(TW-M7 Med)	Berre - Grand Etang	doute	Pression industrielle et urbaine	Gestion hydraulique (rejets EDF)
TR20	Bras du Rhône	Grand bras du Rhône	doute	Pression industrielle et urbaine	Gestion hydraulique (hydroélectricité, ouvrages pour la protection de crues)
FREC01a	H	Canari	Fort		

Tableau 6 : Nombre de points de suivi identifiés par masse d'eau dans le contrôle de surveillance du district Corse

Nom de la masse d'eau	ETAT CHIMIQUE		ETAT BIOLOGIQUE		
	Chimie	Hydrologie	Phytoplancton	Macrofaune benthique	Macrophyte
Biguglia	2	2	2	2	14
Diana	2	1	1	2	13
Urbino	1	1	1	2	13
Palo	1	1	1	1	3
	6	5	5	7	43

Le contrôle **opérationnel** permettra de suivre l'évolution des masses d'eau à « risque ». Pour les eaux de transition, les groupes d'experts locaux définiront à partir du mois de septembre 2006 le contrôle opérationnel pour les masses d'eau concernées du district Rhône-Côtier Méditerranée (tableau 7). Dans le district Corse, des suivis par masse d'eau et par paramètre sont déjà proposés (tableau 8).

Il est rappelé que le contrôle opérationnel ne doit être mis en œuvre qu'à partir de 2009.

Tableau 7 *: Première approche des masses d'eau sélectionnées dans le cadre du contrôle opérationnel et principales perturbations identifiées au sein de district Rhône-Côtier Méditerranée

Code EU	Type	Nom de la masse d'eau	Risque NABE	Principales perturbations
TR1	(TW-M7 Med)	Canet	Fort	Apports du bassin versant agricole et urbain : nutriments, toxiques (métaux, DDT). Gestion hydraulique. Comblement,
TR5 (b)	(TW-M7 Med)	Campagnol	Fort	Eutrophisation, contamination toxique (pesticides), comblement.
TR8	(TW-M7 Med)	Vendres	Fort	Eutrophisation, gestion hydraulique.
TR11 (a)	(TW-M7 Med)	Or	Fort	Eutrophisation, contamination toxique (métaux), comblement.
TR11 (b)	(TW-M7 Med)	Palavasiens Est	Fort	Eutrophisation, comblement, contamination toxique (métaux, pesticides, autres organiques).
T14 (a)	(TW-M7 Med)	Salins d'Aigues-Mortes	Fort	Gestion hydraulique, artificialisation.
T14 (c)	(TW-M7 Med)	Marais périphériques	Fort	Artificialisation, espèces invasives, contamination toxique (pesticides).
T15 (a)	(TW-M7 Med)	Grand Etang*	Doute	Gestion hydraulique, eutrophisation.
T15 (b)	(TW-M7 Med)	Vaine*	Doute	Gestion hydraulique, contamination toxique sédiments, eutrophisation.
T15 (c)	(TW-M7 Med)	Bolmon	Faible	Gestion hydraulique, contamination toxique (métaux sédiments, PCB ?), eutrophisation.
TR4	(TW-M7 Med)	Bages-Sigean	Doute	Eutrophisation, contamination toxique (Cd, pesticides), gestion hydraulique.
TR10	(TW-M7 Med)	Thau	Doute	Contamination toxique (PCB Petit étang, DDE, TBT).
TR11(c)	(TW-M7 Med)	Palavasiens Ouest	Doute	Eutrophisation, comblement, contamination toxique (métaux, pesticides, autres organiques).
T14(d)	(TW-M7 Med)	Complexe Vaccarès	Doute	Gestion hydraulique, contamination toxique (métaux, pesticides et autres organiques).

* Document de travail donné à titre indicatif. Les contrôles opérationnels seront discutés en 2007 en association avec les collectivités, structures de gestion...

Tableau 8 : Première estimation du nombre de points de suivi par masse d'eau dans le cadre du contrôle opérationnel des lagunes corse (pour les macrophytes et la macrofaune benthique).

Nom de la masse d'eau	ETAT BIOLOGIQUE	
	Macrofaune Benthique	Macrophyte
Biguglia	0	0
Diana	0	0
Urbino	0	0
	0	0

Les sites de références et d'intercalibration

Les masses d'eau concernées pour les exercices d'**intercalibration** doivent permettre :

- pour les eaux côtières de définir les bornes du bon état pour les paramètres biologiques relatifs à l'herbier de posidonie, au benthos de substrat meuble (et au phytoplancton) ;
- pour les eaux de transition de comparer le niveau très bon état – bon état (lagune La Palme et lagune de Palo) et le niveau bon état – état moyen (étang de Thau, delta du Rhône et lagune d'Urbino).

Les sites de **références** sont des sites présentant le meilleur état des masses d'eau et retenus pour les exercices d'intercalibration pour chacun des paramètres biologiques :

- Herbier (tableau 9)
- Macrophytes (lagunes) (tableau 10)
- Invertébrés benthiques (tableau 11)

Tableau 9 : Pour le paramètre herbier

Méditerranée (herbiers de posidonies)		
type de rattachement	site(s) proposé(s)	masse d'eau correspondante
C18	site de Rédéris	DC01Frontière espagnole – Racou plage
C21	Côte bleue	DC05 côte bleue
C22	îles du Levant	DC07h îles du Soleil
C23	Calvi : herbiers de Revalatta	EC01ab Pointe Palazzu – sud Nonza
C24	ouest Fréjus île des Moines (Pianottoli)	DC08d ouest Fréjus – pointe de la Galère EC03eg Littoral sud ouest de la Corse
C25	Antibes	DC09a Cap d'Antibes – sud port d'Antibes
C26	Méria	EC02ab cap est de la Corse

Tableau 10 : Pour le paramètre macrophytes (lagunes)

type de rattachement	site(s) proposé(s)	masse d'eau correspondante
T10	étangs de La Palme et étang de Palo	DT03 étang de La Palme ET04 étang de Palo

Tableau 11 : Pour le paramètre invertébrés benthiques

type de rattachement	site(s) proposé(s)	masse d'eau correspondante
C18	Banyuls	DC01 Frontière espagnole – Racou-plage
C19	cap d'Agde	DC02c cap d'Agde
C21	Côte bleue	DC05 côte bleue
C22	îles du Levant	DC07h îles du Levant
C23	Pointe Palazzu – Sud Nonza	EC01ab Pointe Palazzu – Sud Nonza
C24	ouest Fréjus littoral sud ouest corse	DC08d ouest Fréjus – pointe de la Galère EC03eg littoral sud-ouest
C25	cap d'Antibes – sud port	DC09a cap d'Antibes – sud port d'Antibes
C26	cap est de la Corse	EC02ab cap est de la Corse
T11	estuaire du Rhône	DT21 estuaire du Rhône
T10	La Palme Palo	DT03 étang de La Palme ET04 étang du Palo

En ce qui concerne la végétation benthique, les prélèvements (ou la caractérisation des indicateurs) sont effectuée par masse d'eau, tandis que sur les lagunes, la stratégie s'appuie sur celle du RSL (prélèvement prévus de juin à août 2006 dans les étangs corses et palavasiens, et ultérieurement pour les autres étangs du Languedoc-Roussillon).

En ce qui concerne les invertébrés benthiques, les sites de prélèvement (prélèvements par benne Van Veen en mer et Eckman Birge en lagune) sont effectués en dehors de l'herbier ou après sa limite inférieure. Au sein des substrats meubles, la priorité est donnée aux sédiments fins (vases, sables vaseux, sables fins et éventuellement sables moyens). Les sédiments hétérogènes peuvent être suivis à condition que les engins proposés y effectuent des « prélèvements corrects ».

Le prélèvement de benthos de substrat meuble s'effectue à une profondeur de 20 à 30 mètres en mer, ou après la limite inférieure de l'herbier de posidonie, dans un même faciès (sédiment fin dans la mesure du possible), sur la base de cinq réplicats par station, à l'aide d'une benne. Une à trois stations par masse d'eau sont échantillonnées. Pour les masses d'eau présentant plusieurs faciès (vase et sable fin par exemple), un seul sera retenu et échantillonné.

5.2.4. Stratégie temporelle

5.2.4.1. Pour la végétation benthique

Le suivi de l'herbier de posidonies (Eaux Côtières) et des macrophytes (Eaux de Transition) sera effectué une fois tous les trois ans, en mars pour les eaux côtières¹ et en juin-juillet pour les eaux de transition, lors de la prolifération maximale des macrophytes et avant les mortalités estivales (fin printemps, début été). La totalité du contrôle de surveillance se réalisera en 2006 pour les eaux côtières, mais celui des eaux de transition s'étalera, pour des raisons logistiques et de traitement de la donnée, sur 3 années de 2006 à 2008.

Les contrôles opérationnels (qui débiteront en 2009) ne porteront que sur les paramètres indicateurs « déclassés ».

Les lagunes méditerranéennes (eaux de transition) nécessitent des moyens de suivi adaptés aux caractéristiques de ce milieu. Le nombre de points étudiés (pris en compte dans le RSL et le RLC) est proportionnel à la surface de la lagune. Une comparaison avec une méthode par transect (plus rapide) sera réalisée sur environ le tiers des prélèvements prévus (une quinzaine) en 2006. Si les résultats s'avèrent comparables, la méthode des transects sera utilisée pour les campagnes 2007 et 2008 car plus rapide (et plus économique) pour un résultat équivalent.

¹ Suivant les conditions biologiques de l'herbier (densité et recouvrement pas encore au maximum) et météo-océaniques (visibilité, température, vent, houle), le suivi pourra s'effectuer plus tardivement.

5.2.4.2. Pour les invertébrés benthiques

Le suivi de la macrofaune benthique sera effectué également une fois tous les trois ans (contrôle de surveillance et contrôle opérationnel), en mars pour les eaux côtières et en juin, avant les mortalités estivales, dans les lagunes. Démarrés en mars 2006, les contrôles de surveillance s'effectueront, comme pour la végétation benthique jusqu'en 2008 pour les lagunes.

Les contrôles opérationnels (qui débiteront en 2009) ne porteront que sur les paramètres indicateurs « déclassés ».

Les paramètres **hydromorphologiques**, moins variables seront pris en compte tous les 6 ans.

5.2.5. Les bioindicateurs

Les indicateurs écologiques sont construits et sélectionnés pour évaluer l'état des écosystèmes et détecter les modifications environnementales liées à certains types de perturbations engendrées par les activités humaines.

D'une manière générale, les bioindicateurs doivent refléter la complexité des écosystèmes tout en restant suffisamment simples pour être mesurés facilement et régulièrement.

Les bioindicateurs doivent :

- être faciles à mesurer,
- être sensibles aux stress subis par le biotope,
- répondre au stress d'une manière prédictive,
- anticiper la menace d'un grand danger pour l'écosystème,
- prédire les changements qui peuvent éventuellement être évités par une action d'aménagement,
- réagir de façon connue aux stress anthropiques et aux changements dans le temps.

L'indicateur est un paramètre ou une valeur dérivée de paramètres qui a pour but de décrire, donner une information sur l'état d'un milieu avec une portée qui dépasse la valeur intrinsèque du paramètre.

Un indice est un regroupement de paramètres ou d'indicateurs pondérés ou non.

Le paramètre est une propriété mesurée ou observée.

Il n'existe toutefois, pour l'instant, pas de consensus sur l'usage des termes indicateurs et indices. La plupart des auteurs admet cependant que le terme « indice » condense une information plus large que celle d'« indicateur ».

Pour les mesures globales, on utilisera donc plutôt le terme d'indice biotique qui rassemble plusieurs paramètres que celui de bioindicateurs.

La définition d'indices globalisés permettant d'apprécier l'état écologique est en cours.

Le Groupe d'Intercalibration Géographique Méditerranée (GIG-Med), qui s'est réuni fin février 2006 à l'Ifremer Sète, a rassemblé les experts de l'écorégion Méditerranée pour la réalisation d'exercices d'intercalibration, en vue d'harmoniser les méthodologies DCE dans les états membres. Il faisait suite au meeting GIG-Med de Mallorca de 2005. Prévus sur quelques mois à deux ans suivant les indicateurs, les préparations de ces exercices d'intercalibration ont permis de faire l'état de l'art sur les indices globalisés utilisés par les pays riverains. La Directive demande notamment de caractériser des éléments de qualité biologique ou BQE (Biological Quality Elements), ayant pour principe la mise en évidence du changement dans la composition des espèces, leur dominance, et la structure des communautés en fonction de la pression anthropique.

- **Faune benthique**

Les indices prennent en compte l'abondance et la composition au niveau de l'espèce, et la caractérisation des habitats. L'indice globalisé « basque » AMBI (AZTI Marine Biotic Index) a été testé en Méditerranée Occidentale, mais nécessite des adaptations. L'indice Grec BENTIX, adapté de l'indice AMBI avec seulement trois groupes d'espèces au lieu de cinq prend en compte le caractère opportuniste ou polluo-sensible des espèces constitutives de ces différents groupes.

L'indice français IGBL, qui a été élaboré pour diagnostiquer l'eutrophisation des lagunes méditerranéennes (et repris dans l'outil de simulation de l'Ifremer « Milliquetus »), représentait une première approche pour les lagunes. Une adaptation est prévue pour les eaux côtières, avec prise en compte de l'abondance et la diversité spécifique, sorte d'indice de Shannon modifié (en cours).

Un exercice d'inter calibration est prévu pour durer 2 années (fin : mi 2008) au niveau de « sous-régions » au sein de l'éco-région méditerranéenne, prenant en compte de la nature du substrat (vase/sable) et la pollution. Les normes de qualité environnementales ou EQR (Environmental Quality Ratio), qui consistent à mesurer l'écart par rapport à une référence (et la répartition subséquente en 5 classes), restent à déterminer.

La campagne DCE, qui a débuté en Méditerranée en mars 2006, prend en compte la mesure de la densité totale et l'établissement de la liste faunistique allant jusqu'à l'espèce. Les paramètres associés (granulométrie et teneur en matière organique,...) sont également pris en compte.

- **Macro algues**

Ce bioindicateur n'est - en 2006 pour la façade méditerranéenne - pas pris en compte dans les contrôles de surveillance des masses d'eaux côtières ; il est par contre pris en compte dans les lagunes, à l'instar de l'expérience du RSL et du RLC, où l'abondance relative et la diversité des communautés est prise en compte. Les contrôles de surveillance, qui commencent en 2006, s'effectueront jusqu'en 2008 (répartition sur trois années) dans les lagunes languedociennes et corses.

Deux indices globalisés coexistent : CARLIT (indice catalan) et EEI (indice grec) ; pour les limites bon / moyen (cf. draft minute of the 3rd Med GIG Meeting) ils permettent de caractériser correctement les gradients de pollution, mais par contre il subsiste des difficultés pour différencier les modifications naturelles de celles induites par des rejets polluants. Les poids spécifiques attribués aux différents indices pour parvenir à un indice globalisé devraient être revus.

Dans les contrôles opérationnels (2009), les macroalgues pourraient être utilisées pour caractériser l'état écologique (macrophytes) dans les eaux côtières, lorsque *Posidonia oceanica* est absente.

- **Posidonies**

Posidonia oceanica a été retenue dans les eaux côtières comme indicateur de la qualité écologique (macrophytes). Le réseau de surveillance Posidonies (cf. paragraphe 6.2.3) donne, en PACA, 20 années de suivi avec un grand nombre d'indicateurs. En Corse, son installation se termine fin 2006. Les indicateurs pris en compte dans la DCE sont plus restreints. Mais il n'y a pas de véritable indice globalisé malgré une première réflexion menée en ce sens (IGP ou Indice Global Posidonie de l'AERMC). Les BQE restent donc à déterminer pour caractériser l'état écologique des masses d'eaux.

Il existe à l'étranger deux indices globaux : le « PosWare » italien et le POMI (Posidonia Oceanica Multivariate Index) catalan. La région de Valencia et Malte proposent également des indices basés sur une nature différente d'indicateurs. Les résultats les plus probants pour caractériser l'état écologique l'ont été en combinant variables physiologiques (non prises en compte par la DCE en France) et structurelles. Des intercomparaisons sont en cours en 2006 en vue d'harmoniser un indice global au niveau méditerranéen, notamment dans le cadre du projet INTERREG III B/Posidonia.

Même si la Posidonie constitue le compartiment qui a été le plus étudié en Méditerranée, sa complexité et le grand nombre d'indicateurs pris en compte, rajoutent à la difficulté d'arriver à un indice global qui reçoive l'agrément de l'ensemble des partenaires méditerranéens (des considérations de coût sont aussi à prendre en compte).

5.2.5.1. Les indices biotiques des substrats meubles :

➤ AMBI

AMBI (AZTI Marine Biotic Index), appelé aussi coefficient benthique (CB) est un indice biotique développé par l'Espagne pour identifier la qualité écologique du benthos des fonds meubles.

La macrofaune du substrat meuble peut être divisée en 5 groupes :

- **Groupe I** : Espèces très sensibles à l'enrichissement en matière organique et présentes en milieu non pollué (état initial).
- **Groupe II** : Espèces indifférentes à l'enrichissement, toujours présentes en faibles densités et sans variations saisonnières prononcées.
- **Groupe III** : Espèces tolérantes à l'excès de matière organique. Ces espèces peuvent être présentes dans les conditions normales, mais leurs populations sont stimulées par l'enrichissement en matière organique.
- **Groupe IV** : Espèces opportunistes de second ordre. Principalement de petits polychètes, de déposivores de subsurface tels que les cirratulidés.
- **Groupe V** : Espèces opportunistes de premier ordre. Déposivores proliférant dans les sédiments réduits.

Partant de ces bases, une formule simple a été proposée. Celle ci repose sur les pourcentages d'abondance de chaque groupe écologique dans chaque échantillon afin d'obtenir un indice continu, le Coefficient Biotique (BC) :

$$BC = \{(0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4.5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\}/100$$

Échelle de pollution	Coefficient biotique	Indice biotique	Groupe écologique dominant	Santé de la communauté benthique
Non pollué	$0,0 < BC \leq 0,2$	0	I	Normal
Non pollué	$0,2 < BC \leq 1,2$	1		Appauvri
Légèrement pollué	$1,2 < BC \leq 3,3$	2	III	Déséquilibré
Modérément pollué	$3,3 < BC \leq 4,3$	3		Intermédiaire avant pollution
Modérément pollué	$4,3 < BC \leq 5,0$	4	IV-V	Pollué
Très pollué	$5,0 < BC \leq 5,5$	5		Intermédiaire avant pollution
Très pollué	$5,5 < BC \leq 6,0$	6	V	grave
Extrêmement pollué	Azoïque	7	Azoïque	Très pollué Azoïque

Tableau 12. : Classification des sites par degré de pollution en fonction du Coefficient Biotique

Cet indice AMBI pourrait être compatible avec les normes de la DCE à condition d'être utilisé en compagnie des mesures d'abondance et de diversité.

Un indice modifié, mixant indice de Shannon et AMBI, appelé M-AMBI, est en cours de réflexion pour la Méditerranée (www.azti.es).

➤ BENTIX

BENTIX est un système de classement de la macrofaune benthique qui permet l'évaluation du statut écologique de ses masses d'eaux.

L'indice BENTIX est développé sur la base d'indices existants, il combine le pourcentage relatif de 5 groupes écologiques, possédant des degrés de sensibilité variés aux facteurs de perturbation de l'environnement. L'originalité de cet indice est la réduction du nombre de groupes écologiques qui ne sont plus que 3 :

- **Groupe I (GI) :** Les espèces qui composent ce groupe sont très sensibles aux perturbations du milieu. Ce groupe correspond aux espèces de stratégie k (vie longue, croissance lente et forte biomasse). Sont également incluses dans ce groupe des espèces indifférentes aux perturbations et présentes en faible densité, sans variations saisonnières prononcées.
- **Groupe II (GII) :** Sont incluses dans ce groupe des espèces tolérantes aux perturbations du milieu dont les populations répondent aux sources de pollution par un accroissement de leur nombre. Ce groupe inclut également des espèces opportunistes de second ordre ou des colonisateurs de fin de succession de stratégie r (vie courte, croissance rapide, maturation sexuelle précoce et production de larves toute l'année).
- **Groupe III (GIII) :** Espèces opportunistes de premier ordre (situation déséquilibrées prononcées), espèces pionnières, colonisatrices et espèces tolérant l'hypoxie.

$$\text{Bentix Index} = \{6 \times \%GI + 2 \times (\%GII + \%GIII)\}/100$$

Classification - Pollution	BC	État écologique
Normal	4,5 < BC < 6	Très bon
Légèrement pollué, transition	3,5 < BC < 4,5	Bon
Modérément pollué	2,5 < BC < 3,5	Moyen
Très pollué	2 < BC < 2,5	Médiocre
Azoïque	0	Mauvais

Tableau 13 : *Indice Benthix et état écologique*

L'Indice Bentix est indépendant du type d'habitat et de la taille de l'échantillon et ne requiert pas d'effort de taxonomie important.

➤ L'indice Global Posidonie

La présence des herbiers de posidonie en Méditerranée ainsi que les nombreuses études dont il fait l'objet, fait que la posidonie a été retenue comme un des éléments de qualité biologique, à même de renseigner sur le bon état écologique des masses d'eau côtière notamment sur substrat meuble. Cet indice n'est pas encore applicable.

Les réflexions sont toujours en cours mais on peut toutefois signaler que :

- cet indice sera nécessairement établi à partir de plusieurs paramètres. Les paramètres disponibles sont nombreux et plusieurs sont d'ores et déjà utilisés pour appréhender la vitalité d'un herbier (Pergent-Martini *et al.*, *sous-presse*). Ainsi parmi les paramètres les plus couramment utilisés à ce jour, on trouve :
 - La densité, qui exprime le nombre de faisceaux par unité de surface.
 - La limite inférieure, qui renseigne sur la transparence générale des eaux et l'évolution temporelle de celle-ci.
 - La limite supérieure, qui traduit plus spécifiquement l'impact des activités humaines en bordure de littoral (aménagements littoraux).
 - La couverture épiphytique, qui informe sur la richesse en nutriments.
 - La biométrie foliaire et/ou la structure de la matre qui apportent des informations globales sur le milieu.
- Il conviendra d'intégrer des paramètres dont les temps de réponses sont relativement faibles, ce qui permet d'envisager leur utilisation au titre du contrôle de surveillance de la DCE. Correctement renseignés, ils permettront d'identifier une réponse de l'herbier suite à une modification des conditions environnementales
- Les paramètres choisis pourront être différents d'un état-membre à l'autre dans la mesure où l'Indice Global Posidonie fournira dans une situation donnée une évaluation comparable quand à la qualité écologique du milieu testé. Il est néanmoins souhaitable que soit identifié un petit nombre de paramètres communs. Dans le cas contraire, des « passerelles » pourront être réalisées pour arriver à un même système de classement, mais avec des méthodes différentes. Trois paramètres ont été sélectionnés en ce sens lors de la réunion d'Ispra (WFD, MED-GIG, Février 2005) :
 - La densité,
 - Le pourcentage de rhizomes plagiotropes, c'est-à-dire le pourcentage de rhizomes, dont la croissance s'effectue parallèlement au substrat. En limite d'herbier, ce paramètre informe sur la capacité à coloniser de nouveaux substrats, par contre au sein d'un herbier, il traduit l'existence de dégradation au sein de l'herbier et de tentatives de recolonisation.
 - La surface foliaire par faisceau, qui intègre l'ensemble des variables phénologiques (nombre de feuilles et tailles de celles-ci).

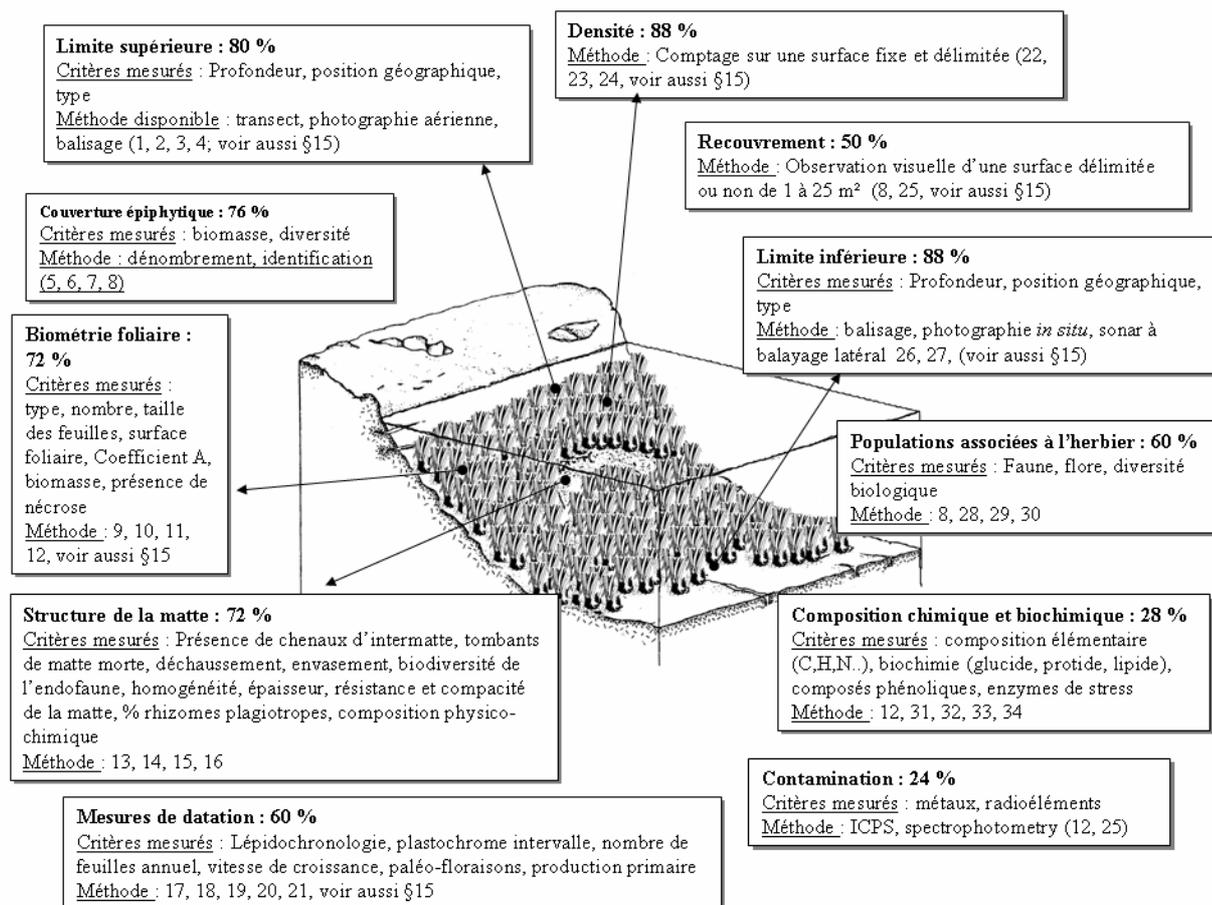


Figure 3 : Paramètres utilisés pour appréhender l'état de santé d'un herbier à *Posidonia oceanica* et pourcentage d'utilisation (réponses de 25 institutions de recherche), critères mesurés et méthodes d'acquisition. 1) Giraud, 1979 ; 2) Blanc, 1956 ; 3) Pergent et al., 1995 ; 4) Panayotidis et al., 1981 ; 5) Pergent-Martini et al., 1999, et autres références non citées en bibliographie.

- Les paramètres choisis pourront être différents en fonction de la nature du contrôle de la Directive Cadre Eau : contrôle de surveillance (champ moyen) ou contrôle opérationnel (champ proche).

5.2.5.2. Indice biotique de substrat dur : L'Indice Gorgone

Les gorgonaires peuvent jouer un rôle d'indicateur de la qualité du milieu marin littoral. Ce sont des filtreurs passifs se développant suivant l'hydrologie locale en formant des peuplements parfois denses. Ces organismes sont largement influencés par les polluants véhiculés sous forme particulaire par les courants marins. En raison de leur distribution bathymétrique, les gorgonaires seront utilisés pour la caractérisation et le suivi de la qualité du milieu marin dans la tranche de profondeur comprise entre -15 et -50 m. S'agissant d'organismes ayant une grande longévité (plusieurs dizaines d'années), il est possible d'étudier l'évolution de la qualité du milieu marin à travers des colonies de différents âges.

Le suivi de peuplement de gorgones rouge (*Paramuricea clavata*) est ainsi réalisé à deux niveaux : (i) **le suivi démographique des peuplements de gorgones** et (ii) **le suivi des taux de nécroses des colonies**. Les paramètres retenus pour qualifier l'état du milieu sont la densité des colonies, la hauteur des colonies (5 classes de taille), la

présence de gorgones arrachées et le taux de nécrose de chaque colonie (selon 7 classes de nécrose).

Ces mesures sont complétées par la mise en place de thermographes enregistreurs laissés *in situ* durant la période de temps séparant deux interventions.

Le projet MedChange (www.medchange.org/) a pour principal objectif de prévoir et d'analyser l'impact des effets du changement climatique sur la conservation des communautés marines à forte diversité dominées par trois espèces de gorgonaires longévives méditerranéens. De récents événements de mortalité, probablement liés au réchauffement de la Méditerranée, amènent à s'interroger sur les conséquences de l'augmentation des perturbations pour la conservation de ces communautés.

5.3. NATURA 2000 et le compartiment benthique

Natura 2000 est un réseau écologique européen mis en place en application des directives « Oiseaux » et « Habitats ».

L'objectif principal de Natura 2000 est de favoriser le maintien de la biodiversité, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales, dans une logique de développement durable.

Dans le cas du REBENT méditerranéen, seule la directive « Habitats » est concernée.

Des cartographies des habitats marins doivent être réalisées sur ces zones ; il n'existe pas de cahier des charges commun et adapté aux objectifs Natura 2000 pour la réalisation de cartographies marines : méthodologie, niveaux de précision et d'échelle. De telles cartographies doivent permettre de définir des objectifs de gestion et être un outil pour la concertation et la communication.

5.3.1. Directive "Habitats"

Cette directive européenne, adoptée en 1992 instaure l'obligation de préserver les habitats et les espèces qualifiés d'intérêt communautaire. Chaque Etat membre est chargé d'identifier sur son territoire, puis de désigner comme Zones Spéciales de Conservation (ZSC), les sites importants pour la sauvegarde des habitats et des espèces visés par la directive. Ces zones bénéficieront de mesures réglementaires ou contractuelles et, le cas échéant, de plans de gestion permettant leur préservation à long terme, en intégrant les activités humaines dans une démarche de développement durable.

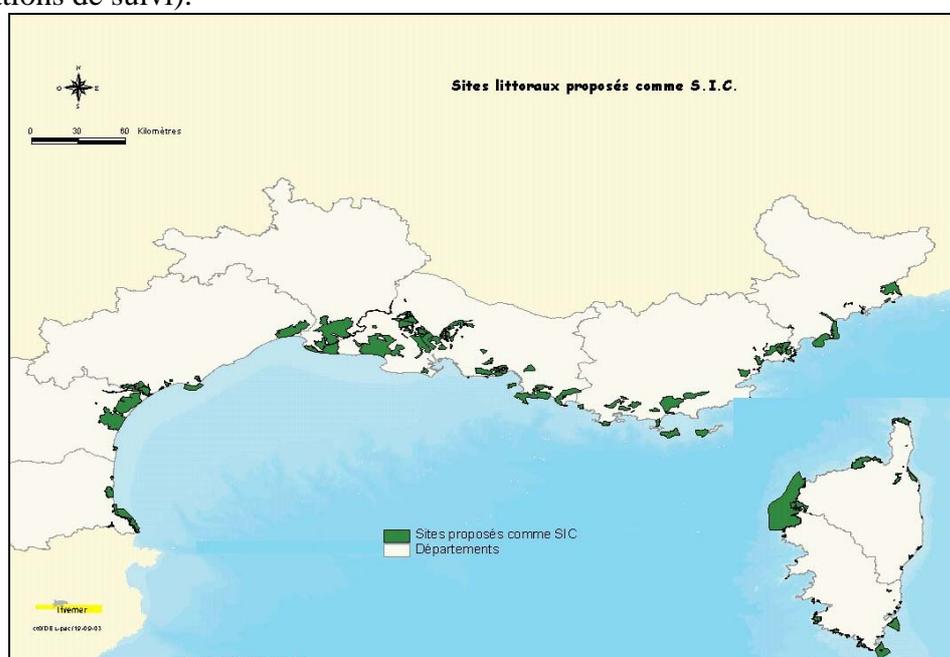
L'ensemble des ZSC constitue le réseau européen des sites protégés, baptisé "Natura 2000". Les Zones de Protection Spéciales (ZPS) désignées au titre de la directive "Oiseaux" s'intègrent dans ce réseau. La liste des sites d'intérêt communautaire proposés par la France a été établie en 1998 (consultation : <http://www.espaces-naturels.fr/natura2000> et <http://www.natura2000.environnement.gouv.fr/>).

Les habitats marins de la directive ont été subdivisés en habitats élémentaires pour permettre une description plus fine et répondre aux nécessités de gestion ; l'équivalence

par rapport à la classification "CORINE Biotopes" y est assurée. Le choix de l'échelle cartographique est laissé à l'initiative de l'opérateur en fonction de la taille et de la complexité du site, des méthodes disponibles, des coûts et des objectifs retenus. Des recommandations en matière de choix d'échelle ont toutefois été élaborées.

Il convient de souligner que les animateurs de sites marins Natura souhaitent des améliorations complémentaires : meilleure caractérisation et hiérarchisation des peuplements, définition d'indicateurs de suivis et uniformisation des rendus cartographiques. A noter également qu'un suivi devra être effectué tous les 6 ans sur chacun de ces sites.

Dix-sept sites Natura 2000 (+ 4 ZPS depuis 13/03/2006) littoraux de Méditerranée comportent une portion de domaine maritime, ce qui représente en tout 81422 ha « marins » pour les trois régions (Figure 4). La mise en place du réseau Natura 2000 implique une demande forte en matière de cartographie détaillée et de suivi des habitats. Certains sites Natura 2000 pourront ainsi devenir des secteurs de suivi (et comprendre des stations de suivi).



5.3.2. ZNIEFF-mer

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) est un inventaire national établi à l'initiative et sous le contrôle du MEDD. Il constitue un outil de connaissance du patrimoine naturel de la France mais pas une mesure de protection juridique directe.

Récemment réactualisés en 2002 les inventaires scientifiques au titre des ZNIEFF classent les zones en deux types. La classification en zone de type I ou zone de type II a été établie selon le degré d'intérêt de conservation et d'artificialisation. Ainsi :

- Les ZNIEFF de type I sont des secteurs d'une superficie en général limitée, caractérisés par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux, rares, remarquables, ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional. Ce sont des entités fonctionnelles peu anthropisées, peu artificialisées et de fort intérêt patrimonial.
- Les ZNIEFF de type II correspondent aux grands ensembles naturels (massif forestier, vallée, plateau, estuaire, etc.) riches et peu modifiés, ou à des secteurs plus hétérogènes voire ponctuellement dégradés.
Ces secteurs peuvent contenir plusieurs ZNIEFF de type I ayant chacune des caractéristiques précises concernant les espèces et les habitats.

En milieu marin, l'approche descriptive par communautés est souvent plus pertinente que l'usage des espèces. C'est donc le mode de description qui a été privilégié par l'observation de terrain avec des plongées effectuées jusque 50 mètres de profondeur.

Les inventaires ZNIEFF-mer ont été réalisés pour PACA et Corse et sont en cours pour le Languedoc-Roussillon. Chaque ZNIEFF étant précisément décrite dans le cadre de ces inventaires (listes d'espèces et d'habitats présents, ...), elles peuvent constituer un outil intéressant pour le choix des stations de suivi.

Cet inventaire cite des paysages sous-marins de "qualité exceptionnelle", plusieurs constructions biologiques et géologiques monumentales (herbiers de posidonie, concrétionnements coralligènes, tombants rocheux et grottes), ainsi que plusieurs espèces méritant classement (gorgones, corail) et des zones de reproduction de poissons ou d'intérêt halieutique.

5.3.3. ZNIEFF et NATURA 2000

L'établissement des zonages relève de logiques distinctes quant au champ des inventaires et aux processus de délimitation. L'identification des zones NATURA 2000 est un processus toujours en cours. Dans l'attente d'une désignation complète, ce sont les ZPS et les pSIC+SIC qui ont été pris en compte dans la comparaison (voir tableau 14).

Tableau 14 : Croisement entre ZNIEFF-mer et zonages NATURA 2000

Domaine marin		
NATURA 2000	% de zones NATURA en ZNIEFF	% de ZNIEFF en zone NATURA
PSIC	66	11
ZPS	78.5	6
Total	69	13

Il y a donc logiquement un fort recouvrement entre les deux zonages. Toutefois de nombreuses raisons peuvent expliquer une différence significative ou un décalage entre les zonages, notamment :

- La comparaison des **champs d'inventaire** : les listes d'espèces et d'habitats déterminants pour les ZNIEFF sont différentes des listes d'espèces et d'habitats d'intérêt communautaire figurant en annexe des deux directives. En effet la

caractérisation de l'intérêt se trouve différent selon le niveau de perception (communautaire, national, régional ou local). Ainsi tel habitat, rare au niveau européen peut se trouver largement représenté en PACA ou, à l'inverse, une espèce en limite d'aire en région méditerranéenne, peut être commune au reste de l'Europe.

Exemple :

- La pelouse à *Brachypode rameux* est un habitat prioritaire au titre de la directive « habitats ». Comme tout milieu ouvert, il s'agit d'un habitat riche et diversifié, qui n'est pas stable sans gestion. Au niveau européen, il est seulement présent du nord de la Catalogne à l'est du Var mais se trouve très bien représenté en Provence. Il n'a pas été retenu comme habitat déterminant dans l'inventaire ZNIEFF.

- A l'inverse, la gentiane pneumonanthe est une espèce commune dans le massif central et en Bretagne. En PACA, elle est très localisée dans les marais de Crau et les Préalpes de Grasse. De ce fait c'est une espèce patrimoniale, déterminante pour les ZNIEFF.

- Le processus de **définition du zonage** : pour l'inventaire ZNIEFF seules les considérations biologiques (présence d'espèces et d'habitats, état de conservation) ont été prises en compte, sans processus de négociation en regard de la gestion future du site. Par ailleurs, les limites des zones NATURA ont dans certains cas été appuyées sur une unité foncière, administrative, fonctionnelle, géographique ou morphologique, de façon à faciliter la gestion ultérieure.
- L'échelle de réalisation du zonage qui peut conduire à une plus grande précision : éviction des espaces urbanisés, cultivés, méconnus, etc....

Exemple : Les îles de l'Archipel Marseillais : la zone Natura 2000 englobe des zones plus ou moins urbanisées qui ne peuvent prétendre au statut de ZNIEFF mais qui sont en continuité et susceptibles d'une gestion de récupération pour certains milieux.

Dans le cadre de la préparation à la rédaction de documents d'objectifs Natura 2000, l'étude et la cartographie des biocénoses du site « Cap Canaille – Grand Cannel » sur la partie marine a été rendue en 2006 à l'Office National des Forêts (ONF), opérateur désigné par l'Etat. La zone a été étudiée par le COM, le GIS Posidonie et l'Ifremer, entre l'Anse de l'Arène (Cassis) et l'Anse des Capucins (La Ciotat).

Dans le cadre de la rédaction du document d'objectifs Natura 2000 pour les îles de Porquerolles et du Levant, l'Ifremer et le GIS Posidonie réalisent (action en cours fin 2006) une étude sur la connaissance et la localisation, état de conservation, des habitats d'intérêt communautaire et des espèces remarquables ; cela passe notamment par l'exploitation des données sonar de la campagne « Posicart », par la réalisation de cartographies à l'aide de la vidéo remorquée MOBIDIC et par plusieurs plongées. Ces études sont réalisées à la demande du Parc National de Port Cros (PNPC), opérateur pour l'archipel des îles d'Hyères et la presqu'île de Giens, en vue de mettre en place des mesures de gestion destinées à rendre compatibles les activités humaines avec la protection des écosystèmes.

5.4. Pollutions accidentelles

L'impact d'une pollution accidentelle par substances dangereuses, hydrocarbures ou produits chimiques, voire par d'autres produits non polluants (accident du « Fenes » en Corse avec déversement de blé) est différent suivant la nature du produit, le lieu et

l'époque du déversement, les facteurs physiques du milieu, mais également en fonction des caractéristiques des peuplements en place. Dans tous les cas, le benthos, constitué d'organismes fixés ou sédentaires, s'avère particulièrement vulnérable et mérite une attention particulière.

L'intérêt de pouvoir disposer d'un référentiel benthique est double :

- **En prévention (plan POLMAR Terre et Mer) :** disposer d'une cartographie précise les différentes biocénoses benthiques pouvant être affectées et de leur « état de santé » ; cela concerne notamment les fractions solubles d'un pétrole brut, le pétrole éventuellement dispersé (sous forme de micro gouttelettes), naturellement (fraction disponible fonction du pourcentage d'asphaltènes) ou en présence de dispersant, les fractions lourdes (pétrole brut évaporé, mélangés au sable, goudron et asphaltènes) qui coulent ($d > 1.03$) et les produits chimiques plus lourds que l'eau.
- **En intervention :** d'orienter les techniques de lutte, d'apprécier les contaminations induites par l'accident (t_0 , avant l'arrivée de la pollution), d'avoir un référentiel précis en cas d'étude d'évaluation d'impact écologique plus précis et sur de plus longues périodes (cf. accident du HAVEN).

Il est donc indispensable de disposer d'un état de référence des écosystèmes avant toute pollution accidentelle. Les espèces benthiques peu mobiles ou fixées, qui subissent et enregistrent les effets d'une pollution massive, doivent servir de base à la description de l'état de référence :

- des cartes de la répartition des types de biotopes doivent être établies pour l'ensemble du littoral français ;
- l'information sur la vulnérabilité et le temps de restauration de chaque biotope doit pouvoir y être associé ;
- ces cartes doivent être complétées par des données sur le temps de résidence des masses d'eau, la répartition des sédiments et toute autre variable pertinente dérivée de l'hydrodynamique et de la sédimentologie ;
- des descripteurs quantitatifs permettant de suivre l'évolution d'un écosystème à partir d'un état de référence doivent être définis en tenant compte de la présence d'espèces sentinelles, d'espèces intégratrices, de la structure trophique et faunistique, ainsi que de critères globaux tels que biomasse, densité ou diversité.

6. Etat des lieux

Cet inventaire des biocénoses, des connaissances et des compétences, concerne les rivages méditerranéens français. Il s'inspire largement de rapports réalisés par le GIS-Posidonie dans le cadre d'études menées en collaboration avec l'Ifremer sur des sites « Natura 2000 ».

6.1. Inventaire des biocénoses benthiques méditerranéennes et des paysages sous-marins remarquables

6.1.1. Les biocénoses prise en compte dans les différents étages

⇒ Les biocénoses benthiques de substrat meuble

La typologie de ces biocénoses est basée sur la macrofaune, elle-même déterminée par la nature du sédiment. Globalement, plus on s'éloigne du rivage, plus la granulométrie est faible.

Aux étages supralittoral et médiolittoral, on trouve des plages de sable, où la dimension des particules est fonction de l'exposition. Les biocénoses correspondantes sont les suivantes :

- Biocénose adlittorale (dune vive)*
- Biocénose supralittorale (plage émergée)*
- Biocénoses médiolittorales*
 - Détritique médiolittoral*
 - Sables médiolittoraux*
 - Sables vaseux et vases des lagunes et estuaires*

A l'étage infralittoral, on distingue les fonds dépourvus de végétation :

- *Sables fins de haut niveau (SFHN)*
 - *Sables fins bien calibrés (SFBC)*
- et les fonds colonisés par les magnoliophytes :
- *Biocénose lagunaire euryhaline et eurytherme (LEE) colonisée par *Cymodocea nodosa* ou *Zostera noltii**
 - *Sables vaseux de mode calme (SVMC) également colonisés par *Cymodocea nodosa* ou *Zostera noltii**
 - *Herbier de posidonies (HP) à *Posidonia oceanica**

La biocénose des sables grossiers sous influence des courants de fond (SGCF), ou biocénose des sables à *Amphioxus*, s'étend sur les étages infralittoral et circalittoral.

A l'étage circalittoral, on trouve des fonds détritiques formés d'un sable plus ou moins vaseux ou d'une vase plus ou moins sableuse. On y distingue les biocénoses suivantes :

- Fonds détritiques côtiers (DC)*
 - Faciès à Peyssonéliciées (DC/P)*
 - Faciès du maërl (DC/M)*

Faciès à "Pralines" (DC/Pral)
Faciès à grands bryozoaires branchus (DC/B)
Fonds détritiques envasés (DE)
Faciès à Ophiotrix quinquemaculata (DE/Oq)
Vase terrigène cotière (VTC)
Fonds détritiques du large (DL)
Faciès à Leptometra phalangium (DL/Lept)

NB : Aux étages **bathyal et abyssal**, le sédiment est en général assez homogène. La biocénose des vases bathyales présente cependant différents faciès selon les caractéristiques du sédiment (fluides, molles, compactes, sableuses, mêlées de graviers, de décantation). Les vases abyssales sont peu connues.

⇒ **Biocénoses substrat dur**

Au premier niveau se trouve la biocénose de la roche supralittorale colonisée notamment par les lichens.

A l'étage médiolittoral, on distingue l'horizon supérieur et l'horizon inférieur, selon le degré d'humectation. C'est au niveau de la biocénose de la roche médiolittorale inférieure que l'on trouve notamment les bioconstructions que sont les encorbellements à *Lithophyllum lichenoides*.

A l'étage infralittoral se trouve la biocénose des algues photophiles. On distingue trois horizons :

Horizon superficiel, qui comporte notamment les faciès à Cystoseires et les bourrelets à Corallina elongata
Horizon moyen (faciès à hydriaires)
Horizon profond (coralligène, faciès à gorgones)

A l'étage circalittoral se trouve la biocénose du coralligène qui présente des faciès multiples et les peuplements des grottes semi-obscurées et obscures. Les peuplements des substrats durs circalittoraux constituent des biocénoses « remarquables », c'est-à-dire d'une grande valeur patrimoniale.

A l'étage bathyal se trouve la biocénose des coraux profonds, relativement méconnue.

⇒ **Biocénoses du domaine paralique**

Ces biocénoses se situent à l'interface entre la mer et le continent, notamment dans les étangs ou lagunes. Selon un gradient d'influence du domaine marin, différentes zones peuvent être définies, avec la disparition progressive des espèces marines.

Ce domaine est largement représenté sur la façade méditerranéenne et à ce titre, devra faire l'objet d'une attention particulière.

6.1.2. Peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral

⇒ Description et espèces en présence

Dans la zone de balancement des vagues et des marées, même si elles sont de faible amplitude (40 cm en moyenne) en Méditerranée, (étage médiolittoral et frange supérieure de l'infralittoral), se trouvent des ceintures étroites d'algues et d'invertébrés spécifiques de ce niveau. Parmi ces espèces, certaines sont répertoriées et plus particulièrement étudiées, en raison notamment de leur sensibilité face aux différents facteurs de stress. Leur présence dans ce milieu hostile pour les organismes est conditionnée par une grande résistance à l'hydrodynamisme, ainsi qu'une bonne adaptation aux très fortes variations de température et d'humectation et, pour certaines d'entre eux, de salinité. Les peuplements sont particulièrement exposés aux pollutions de surface, comme les rejets d'émissaires urbains ou les pollutions pétrolières (Arnoux et Bellan-Santini, 1972 ; Belsher, 1974 ; 1979). L'étude de leur répartition géographique, ainsi que leur suivi dans le temps, peuvent permettre de caractériser la qualité du milieu littoral (Bellan-Santini, 1966) ; on parle alors d'indicateurs biologiques et plus particulièrement d'espèces sentinelles (Pergent, 1991 ; Bellan, 1993 ; Boudouresque, 1995, 1996). Exposées aux rejets urbains et industriels, les Fucophycés du genre *Cystoseira*, telle que *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, régressent (Bellan-Santini, 1968 ; Arnoux et Bellan-Santini, 1972). Les peuplements dans les zones polluées sont caractérisés par la dominance d'espèces plus résistantes comme *Corallina elongata* (Bellan-Santini, 1968) ou nitrophiles comme *Ulva rigida* (Bellan et Bellan-Santini, 1972). Le substrat rocheux est aussi envahi dans ce cas par des colonies à *Mytilus galloprovincialis*. Des communautés de cyanobactéries dominent dans les environnements les plus pollués.

L'algue calcaire *Lithophyllum byssoides* (anciennement *L.lichenoides*) forme des placages et des bourrelets (par coalescence) le long des parois verticales lorsque les conditions environnementales (topographie de la paroi, exposition, etc.) sont satisfaisantes. Très localement (et en Méditerranée seulement), dans les biotopes légèrement ombragés et très battus (Huvé, 1963), les failles en particulier (Laborel, 1987 ; Laborel *et al.*, 1993, 1994), *Lithophyllum byssoides* édifie des "encorbellements", corniches en porte-à-faux qui peuvent atteindre jusqu'à 2 m de largeur (Sicsic, 1967, Bianconi *et al.*, 1987)). Lorsque ces encorbellements présentent une certaine importance, on parle de « trottoir » à *Lithophyllum*.

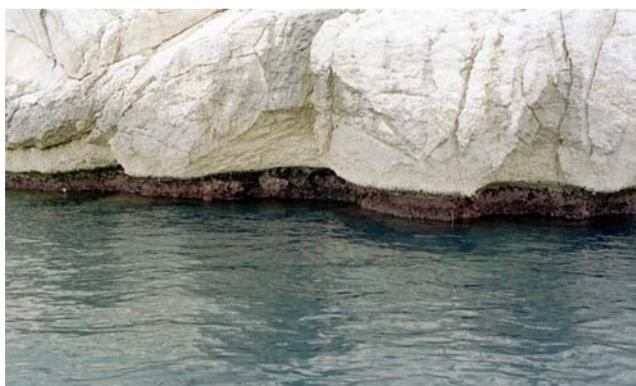


Figure 5 : Ceintures de macrophytes du médiolittoral inférieur et de l'infralittoral supérieur (photo. P. Bonhomme)

Lithophyllum byssoïdes est une Rhodobionte calcaire encroûtant qui ne se développe que dans un intervalle bathymétrique très restreint, sur les substrats durs du sous-étage inférieur du médiolittoral et affectionne particulièrement les modes battus (Molinier, 1960, Pérès et Picard, 1964). Par leur rareté et leur vulnérabilité face aux agressions de surface, ils constituent des constructions d'importance patrimoniale.



Figure 6 : Encorbellements à *Lithophyllum byssoïdes*. Anse du Canier. © P. Bonhomme

Cystoseira amentacea var. *stricta* est une Chromobionte de couleur brun-vert à brun-rouge, constituée d'un ou plusieurs troncs, portant de nombreuses ramifications (Figure 7). Les plus grandes des Cystoseires méditerranéennes peuvent dépasser 1 m de hauteur ; elles constituent, du fait de leur grande taille, des habitats remarquables en terme de biodiversité et de productivité (de nombreux invertébrés trouvent abri entre les feuilles). Par ailleurs, leurs caractéristiques biologiques (notamment leur grande longévité) en font des espèces très vulnérables, incapables de supporter de trop fortes perturbations du milieu. Elles sont sensibles à la pollution et à la turbidité des eaux, ainsi qu'au surpâturage, comme en témoigne leur régression dans toute la Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 1990 ; Verlaque, 1990).



Figure 7 : Ceinture à *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (Chromobionte). Observation au Cap Canaille. ©P. Bonhomme.

L'exubérance des peuplements à *Corallina elongata* (Rhodobionte calcifiée articulée) peut témoigner d'une eau polluée. En effet, en cas de pollution, sur les portions de côte rocheuse, les espèces les plus caractéristiques de la biocénose sont éliminées (les

Cystoseires en particulier, car leur tolérance vis à vis des conditions de milieu sont très strictes). Les espèces à larges potentialités écologiques comme les corallines (ou les moules) colonisent alors la surface laissée libre. Toutefois des peuplements abondants de corallines peuvent également être présents dans des zones exemptes de pollution (Figure 8) ; *Corallina elongata* constitue par exemple des peuplements denses dans des stations où l'hydrodynamisme (très fort) ou l'éclairement (très faible) élimine également ses concurrents.



Figure 8 : *Corallina elongata* (Rhodobionte). ©M. Verlaque

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

⇒ Extension connue

En Méditerranée, les peuplements du médiolittoral et de la frange supérieure de l'infralittoral se développent préférentiellement le long des côtes rocheuses soumises à un important hydrodynamisme. Ces peuplements ont été observés sur les parois rocheuses au sud des îles Maire, Jarre, Plane et Riou ainsi que vers le Bec de Sormiou.

Un impact important avait été mis en évidence sur les côtes de la région marseillaise (Bellan- Santini, 1966), à proximité de l'émissaire urbain de Cortiou. La ceinture de cystoseires avait, avant la mise en place de la station d'épuration en 1987, presque totalement disparu des côtes situées dans le panache d'influence du rejet jusqu'au Cap Croisette.

Le long de la côte, les peuplements à *Cystoseira amentacea* occupaient, au milieu des années 1990, une faible partie du linéaire côtier. Sur les îles, ces peuplements occupaient essentiellement les faces sud sauf sur l'île de Riou où une partie de la face nord est colonisée.

⇒ **Éléments connus de leur évolution**

Quand on compare les résultats de Soltan (2001), datant du milieu des années 1990s, avec ceux de Bellan-Santini (1968), il apparaît que la répartition de cette espèce était très proche de celle de la fin des années 1960s. Il convient de s'interroger sur la lenteur de la recolonisation par *Cystoseira amentacea*, à peine perceptible 7 ans après la mise en service de la station d'épuration de l'agglomération marseillaise. La stratégie de cette espèce, dont les œufs ne sont dispersés que sur quelques mètres et qui est très longévive (plusieurs décennies), explique sans doute que la recolonisation, qui ne peut se faire que de proche en proche à partir de populations survivantes, soit très lente (Soltan *et al.*, 2001).

6.1.3. Les herbiers à Magnoliophytes

On retrouve principalement quatre espèces de magnoliophytes dans les eaux méditerranéennes, toutes protégées en France: *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Zostera noltii* et *Posidonia oceanica*.

⇒ **Herbier à *Posidonia oceanica***

La posidonie *Posidonia oceanica* est une magnoliophyte ou phanérogame marine endémique de la Méditerranée.

Elle y est présente presque partout ; d'importants mouvements de sédiment peuvent expliquer sa rareté le long des côtes du Languedoc. La posidonie craint la dessalure (< 33‰) et la sursalinité (> 41‰), ce qui explique son absence dans les lagunes littorales, devant l'embouchure des fleuves côtiers, et au centre de certaines baies, au niveau des exutoires de nappes phréatiques.

Dans les biotopes favorables, *P. oceanica* se développe dans tout l'étage infralittoral, du voisinage de la surface jusque vers 20-40 m de profondeur, selon la transparence de l'eau, le plus souvent sur substrat meuble (quelle qu'en soit la granulométrie), plus rarement sur roche.

L'herbier de posidonie abrite une grande partie de la biodiversité de la Méditerranée, il représente une zone de production primaire ainsi qu'un lieu de frayère et de nourricerie pour de nombreuses espèces marines.

Il est en même temps constructeur des fonds marins et stabilisateur des littoraux, il protège les plages contre l'érosion, grâce aux banquettes de posidonie (amas de feuilles mortes ramenées au rivage).

Importance particulière

L'herbier de posidonie représente l'écosystème pivot des espaces littoraux méditerranéens et sa préservation est un élément majeur du maintien des équilibres littoraux, tant biologiques que physiques. Il constitue en outre un indicateur biologique performant de la qualité des eaux. Tout particulièrement sensible à la pollution, à la turbidité et à la plupart des agressions liées aux activités humaines, il rend compte par sa présence, sa vitalité ou sa régression de la qualité générale du milieu environnant.

L'herbier constitue un pôle de biodiversité important (20 à 25% des espèces animales et végétales connues en Méditerranée y sont observées, soit plusieurs milliers d'espèces). L'herbier intervient sur la qualité des eaux littorales et sur leur transparence par le piégeage des particules en suspension. La production primaire (biomasse végétale) est très importante (comparable à celle d'une forêt tropicale ombrophile, soit plus de 20 tonnes/ha/an), tout comme la production de biomasse animale (Boudouresque *et al.*, 1994 ; Francour, 1990). Cette formidable production végétale et animale a pour effet d'attirer et de concentrer une faune variée, souvent d'intérêt économique pour la pêche littorale. L'herbier se trouve à la base de nombreuses chaînes alimentaires et constitue un lieu de frayère et de nourriceries pour de nombreuses espèces animales qui y trouvent nourriture et protection (Ledoyer, 1968 ; Harmelin-Vivien, 1983, 1984). L'herbier joue également un rôle fondamental dans la protection hydrodynamique de la frange côtière et des plages par atténuation de 50% de la puissance des vagues, de la houle et des courants. Les fonds sableux sont ainsi stabilisés par la fixation des sédiments dans le lacis des rhizomes constituant la matre (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983 ; Jeudy de Grissac, 1984 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985).



Figure 9 : *Herbier de posidonie*. Ph : S. Ruitton

A ce titre, la Posidonie (*Posidonia oceanica*) est protégée par l'arrêté du 19 juillet 1988, dans le cadre de la Loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Les herbiers sont également pris en considération, en tant que biotope (Figure 9), dans le décret d'application de la « Loi littoral » n°86.2 du 3 janvier 1986, figurent au niveau de la « Directive Habitats » de l'Union Européenne du 21 mai 1992, et apparaissent dans les annexes des Conventions de Barcelone et de Berne. Au même titre que la Posidonie, la Cymodocée (*Cymodocea nodosa*) est protégée par l'arrêté du 19 juillet 1988 et la Zostère naine (*Nanozostera noltii*) par l'arrêté du 09 mai 1994 en Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

Extension connue

Depuis la fin du 19^{ème} siècle, les herbiers ont fait l'objet de nombreuses cartographies. En termes de cartographie de l'herbier, la qualité de la restitution des données est directement dépendante des objectifs visés (échelle de travail), d'une part, et des techniques d'acquisition employées, d'autre part. Celles réalisées avant les années 1980 étaient essentiellement basées sur des prélèvements (benne) ou des plongées ponctuelles, sans positionnement précis, avec extrapolation de l'information recueillie. La mise en œuvre de techniques plus sophistiquées, telles que le sonar latéral et l'utilisation de photographies aériennes permettant une couverture surfacique des secteurs échantillonnés a par la suite permis de garantir une meilleure qualité de restitution dans la localisation et l'étendue de l'herbier de Posidonie.

L'herbier de Posidonie est largement présent en Méditerranée ; sa répartition n'est toutefois pas régulière le long de la côte : elle est étroitement liée à la topographie du littoral.

⇒ Les herbiers de zostères

Ils regroupent les herbiers de *Zostera marina* et *Zostera noltii*. Les herbiers de magnoliophytes marines constituent des écosystèmes particuliers de grand intérêt écologique et patrimonial, reconnus au niveau international en tant qu'habitat remarquable. *Z. marina*, apparaît également au livre rouge des espèces menacées de France.

Zostera marina se développe sur les sédiments meubles, des sables fins aux vases sableuses plus ou moins hétérogènes, de + 2 à - 5 m de profondeur. C'est une espèce à affinité froide qui présente des variabilités saisonnières. Son aire de répartition en Méditerranée est en limite méridionale, confinée à des biotopes infralittoraux superficiels et très abrités.

Zostera noltii est plus commune en Méditerranée, elle affectionne les fonds sablo-vaseux des étangs littoraux et des zones de résurgence. La graine ne peut germer que dans l'eau saumâtre. A l'inverse de *Zostera marina*, cette espèce présente une forte saisonnalité. Son couvert végétal est faible voire inexistant selon les sites, l'hiver, alors qu'il atteint son apogée en été.

Les herbiers de zostères sont considérés en Méditerranée comme simple faciès ; ces herbiers sont peu étudiés car la faune et la flore associée y sont plus pauvres que celle des herbiers à *Posidonia oceanica*.

⇒ Les herbiers de cymodocées

Ils sont représentés par *Cymodocea nodosa*, espèce vivace qui perd ses feuilles en hiver et persiste par son rhizome. C'est une espèce résistante et assez tolérante du point de vue écologique ; elle peuple les zones calmes sablo-vaseuses de l'étage infralittoral formant de vastes prairies. Les plus vastes herbiers de cymodocées sont localisés dans les lagunes car ils supportent de légères dessalures et sont à l'abri des brouteurs comme la saupe et l'oursin. Comme pour *Zostera noltii*, la graine de *Cymodocea nodosa* a besoin de forte dessalure pour pouvoir germer.

Cymodocea nodosa, est de par sa fréquence et de son étendue, la deuxième espèce de phanérogame marine en Méditerranée.

6.1.4. Peuplements des substrats meubles

⇒ Description et espèces en présence

Concernant les fonds de sables et graviers sous influence des courants de fonds ou sables à *Amphioxus*. Ces fonds de sables grossiers et de fins graviers sont peuplés d'une riche faune d'invertébrés et constituent le biotope privilégié du procordé *Branchiostoma lanceolatum* (= *Amphioxus*), qui peuvent disparaître avec l'envasement.

Il est communément admis depuis Reish (1959) qu'il y a deux avantages importants à l'utilisation des organismes comme indicateurs de pollution marine. Ils reflètent non seulement les conditions de milieu au moment du prélèvement, mais de surcroît, celles qui ont prévalu pendant une période antérieure. Un des intérêts majeurs des études benthiques est lié à la pérennité, ou tout au moins à la longévité naturelle des espèces constituant des communautés. Bellan a décrit en 1967 une répartition des peuplements benthiques de substrat meubles dans la calanque de Cortiou fonction de l'éloignement du débouché de l'émissaire des eaux usées de Marseille, témoignant de la décroissance de la pollution à dominance organique apportée par celle-ci avec l'augmentation de la distance du point de rejet. Il a mis en évidence quatre zones concentriques à partir de ce point :

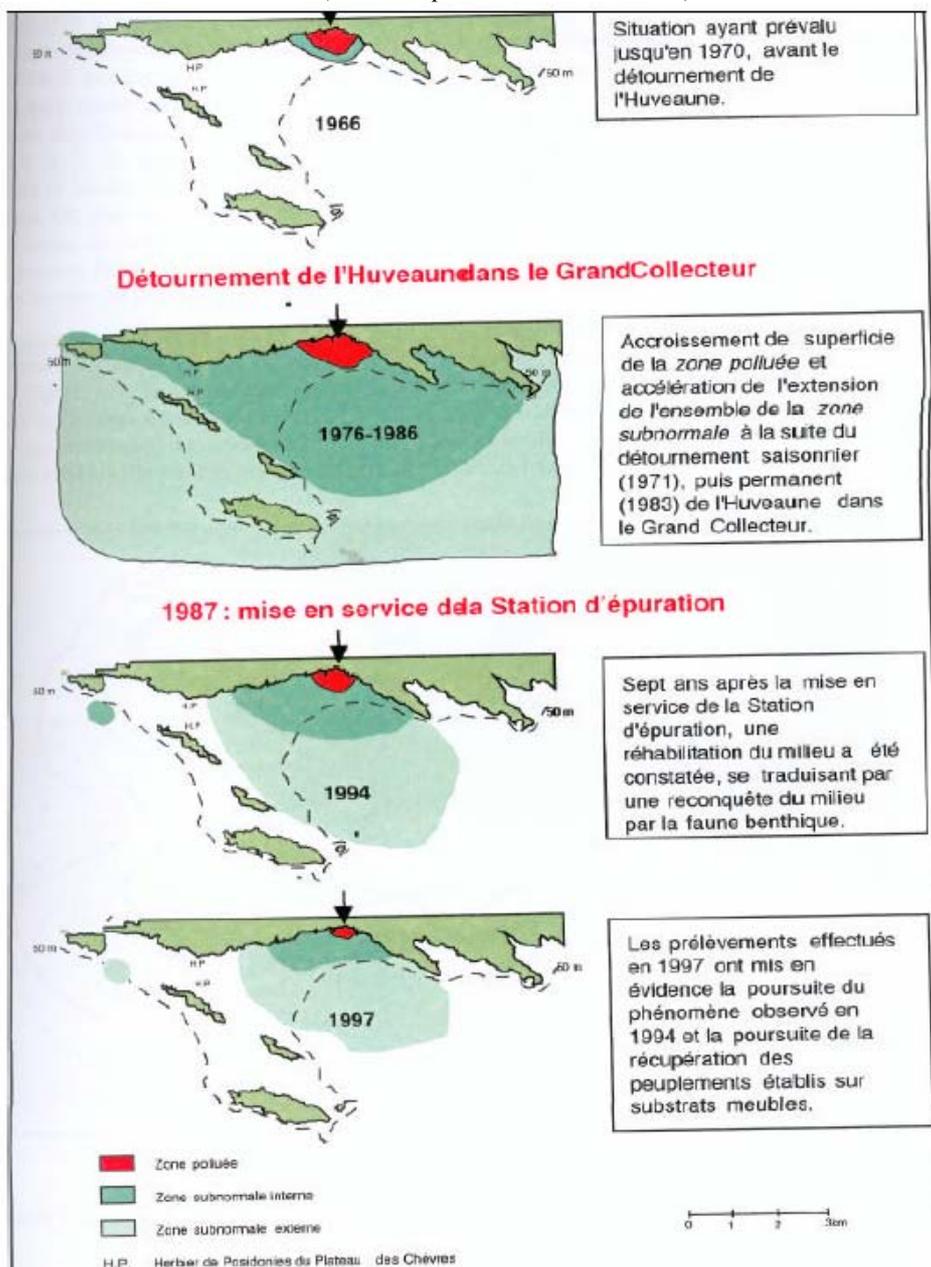
- **Une zone de pollution maximale** où le macro benthos et la plupart des espèces du méiobenthos ont disparu ;
- **Une zone polluée** au sein de laquelle le peuplement animal est très appauvri qualitativement et cinq espèces de polychètes sont bien représentées quantitativement dont *Capitella capitata*, *Nereis caudata*, et *Malacoceros fuliginosus* ;
- **Une zone sub-normale** caractérisée par la disparition des espèces de la zone polluée, l'apparition d'espèces résistantes aux pollutions ou à large répartition écologique ;
- **Une zone normale** marquée par le retour d'espèces caractéristiques des biocénoses présentes dans les milieux non pollués.

⇒ Éléments connus de leur évolution

Exemple de l'émissaire de Cortiou :

La figure 10 présente l'évolution dans le temps de la pollution dans la zone de l'émissaire de Cortiou de 1966 jusqu'en 1997. On constate que l'effet bénéfique de la mise en service de la station d'épuration (1987) a commencé au bout de cinq ans, l'évolution la plus perceptible s'étant effectuée au niveau des stations les plus proches de la source de pollution. La zone polluée n'occupe plus qu'une aire résiduelle dans le creux de la calanque.

Figure 10 : Evolution de la répartition des espèces benthiques indicatrices de milieux pollués entre 1966 et 1997 (IARE d'après Bellan et al., 1999).



6.1.5. Peuplements des grottes sous-marines

⇒ Description et espèces en présence

Les grottes sous-marines sont des milieux particuliers de par les conditions extrêmes qui y règnent : absence de production primaire, oligotrophie, circulation hydrologique très faible, etc. De la topographie de la grotte dépendent la circulation de l'eau et son renouvellement qui apportent nourriture et oxygène aux espèces du fond de la grotte. La circulation de l'eau dépend de la largeur de la grotte et de son entrée, ainsi que de sa pente. La plupart des grottes sont souvent de longs boyaux où la circulation de l'eau est extrêmement réduite. Les grottes sous-marines présentent la particularité d'abriter des espèces habituellement rencontrées à grande profondeur (Vacelet *et al.*, 1994). Deux communautés y sont généralement présentes : la **biocénose des grottes semi-obscur**es et la **biocénose des grottes obscures** (Pérès et Picard, 1964 ; Bianchi et Morri, 1994 ; Laborel *et al.*, 1994b) suivant l'intensité lumineuse disponible. Tandis que le peuplement des grottes obscures, très sélectif, ne recouvre que partiellement les parois (10 à 40%), le peuplement des grottes semi-obscures est très riche et recouvre totalement les parois. Il est dominé par les éponges qui forment des revêtements épais (Harmelin *et al.*, 1985), et est caractérisé par la disparition progressive des grandes formes érigées. Près de l'entrée, on trouve en particulier le corail rouge *Corallium rubrum*.

Un grand nombre d'espèces trouvées dans les grottes marseillaises ont été décrites comme nouvelles. En effet, la grotte des Mysidacés sur l'île de Jarre semble être un lieu privilégié de spéciation pour les éponges dont les nouvelles espèces : *Pseudocorticium jarrei*, *Oscarella viridis*, *Oscarella microlobata*, *Plakina* sp.

⇒ Éléments connus de leur évolution

En l'absence d'inventaires précis des peuplements sciaphiles des grottes sous-marines et de termes de références quant à leur état de vitalité, il est encore difficile d'évaluer quelle a pu être leur évolution au cours de ces dernières années. Seuls des témoignages de plongeurs sous-marins, habitués des sites, font état d'une certaine régression des peuplements des grottes, et notamment des colonies de gorgonaires situées à leur entrée. Ces régressions doivent, toutefois, être replacées dans le contexte global de mortalité massive des gorgonaires durant l'été 1999.

⇒ Importance particulière

Les peuplements cavernicoles sont fragiles ; leur reconstitution peut prendre plusieurs siècles (pour les grottes obscures) en raison de la productivité extrêmement réduite du milieu et de son isolement. Les côtes méditerranéennes comptent de nombreuses anfractuosités plus ou moins profondes qui peuvent former des grottes mesurant plusieurs dizaines de mètres, parfois plusieurs centaines de mètres. Ces grottes sous-marines constituent également des sites de choix pour les plongeurs sous-marins. Elles font parties des paysages sous-marins remarquables (Figure 11). Toutefois, une fréquentation trop importante, en particulier par des plongeurs peu expérimentés (coups de palmes), peut engendrer des dégradations des peuplements des grottes. En outre, l'accumulation de bulles au plafond et l'éclairage artificiel peuvent également être sources de perturbations.

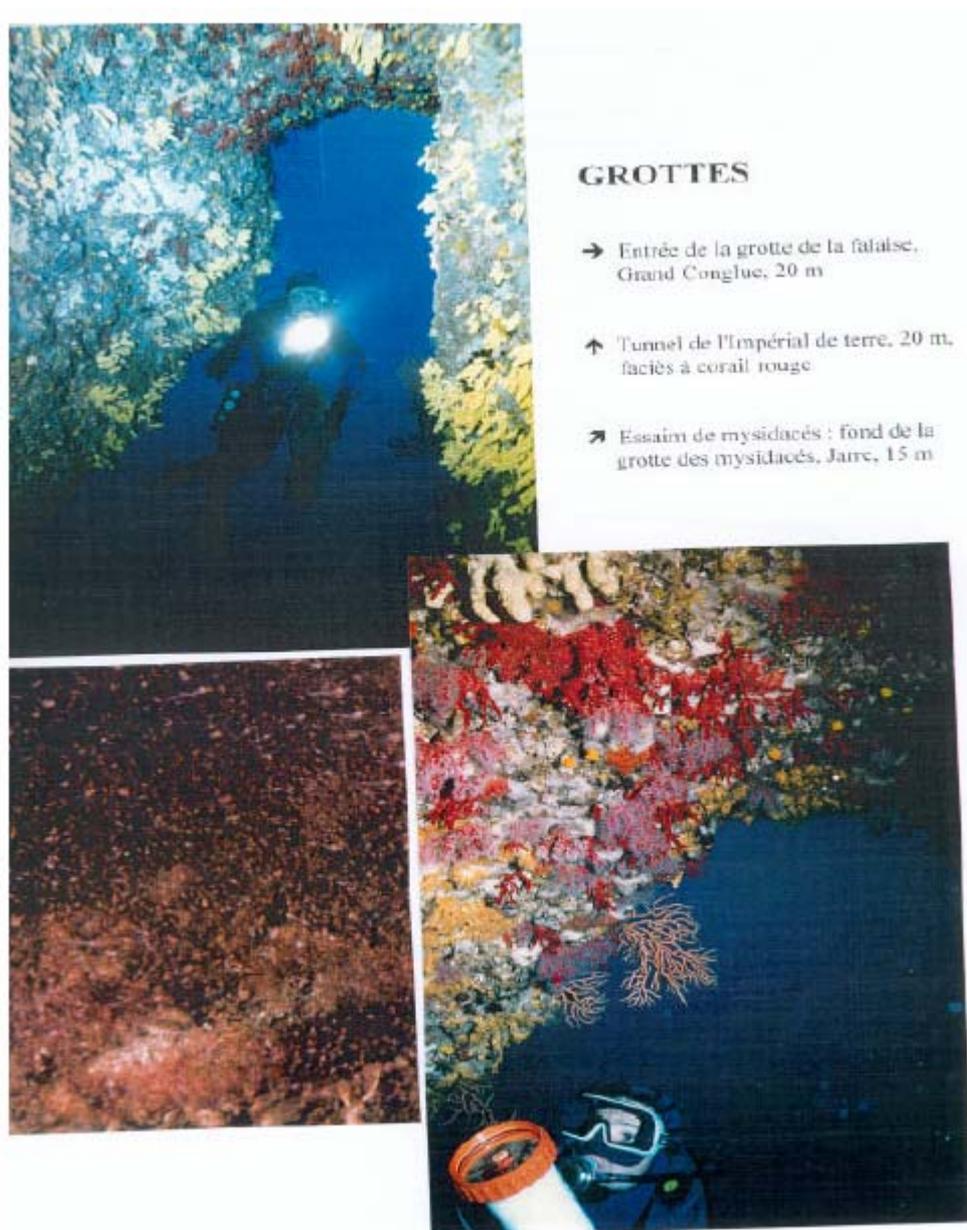


Figure 1 : Paysages de grottes sous-marines (Harmelin et al., 1996)

6.1.6. Peuplement du coralligène

⇒ **Le coralligène**

Le coralligène de paroi est représenté principalement par les gorgones : *Paramuricea clavata* (gorgone rouge), *Eunicella singularis* (gorgone blanche), *Eunicella cavolinii* (gorgone jaune).

Il s'agit en fait d'un concrétionnement d'algues calcaires (corallinacées) consolidés par des constructeurs secondaires (invertébrés sessiles). Leur croissance est très lente (moins de 1 mm/an). Le coralligène peut se rencontrer à partir de 15 à 20 mètres de profondeur en Méditerranée selon les conditions de turbidité de l'eau, mais aussi devant l'entrée des cavités rocheuses ou grottes sous-marines à l'abri d'une luminosité intense, à de très faibles profondeurs.

Les concrétionnements coralligènes et les communautés associées subissent diverses attaques notamment dues aux pollutions marines, à la pêche et aux prédateurs.

Le corail rouge (*Corallium rubrum*) est une espèce emblématique des fonds coralligènes plus ou moins endémiques de la Méditerranée, très recherché pour la bijouterie. A ce titre, de nombreux bancs sont surexploités par les plongeurs corailleurs.

⇒ **Extension connue**

Les peuplements de coralligène sont très répandus en PACA et en Corse. Ils apparaissent pratiquement partout où la profondeur est suffisante. Les zones de coralligène sont présentes à partir d'une dizaine de mètres de profondeur et jusqu'à 80 m-100 m de profondeur environ pour les plus profondes.

⇒ **Description et espèces en présence**

Les massifs anfractueux du coralligène sont le résultat d'un concrétionnement de Rhodobiontes calcaires (Laborel, 1961). Ces constructions forment des massifs sur des fonds horizontaux, des bourrelets au pied des tombants et des encorbellements le long des tombants rocheux sous-marins (Figure 12). Les particules terrigènes qui tombent de la surface colmatent les petits interstices et consolident ainsi la construction qui, à la longue (plusieurs centaines d'années), se transforme en roche (phénomène de lithification) et est colonisée par de nombreuses espèces d'invertébrés fixés. Les travaux de Hong (1980 et 1983) ont ainsi permis de dénombrer 650 espèces d'invertébrés dans le coralligène du secteur des Moyades-Riou. En parallèle, le coralligène subit une bio-érosion qui est l'œuvre de nombreux organismes destructeurs endolithes tels que les éponges perforantes, les mollusques lithophages ainsi que les oursins qui broutent la couverture algale du coralligène. Une perpétuelle compétition dynamique s'engage ainsi entre les organismes constructeurs et destructeurs du coralligène (Laborel, 1961 ; Laubier, 1966 ; Sartoretto, 1996 ; CAR-ASP, 2003).

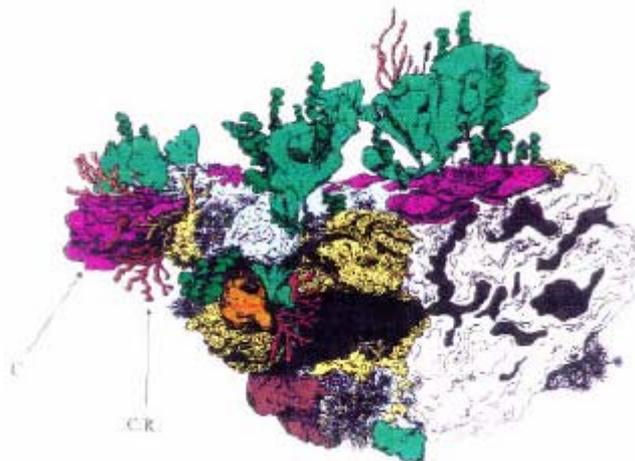


Figure 12 : Schéma d'un bloc de coralligène (d'après Laubier, 1966) : C : Algues Corallinacées, C.R. : Corail rouge

Le "coralligène de paroi" se rencontre sur les roches où les algues calcaires ne peuvent pas édifier de concrétionnement épais du fait d'une pente trop importante. Ce coralligène de paroi recouvre alors les principaux tombants, il est marqué physionomiquement par l'abondance de grands invertébrés fixés à port dressés (Harmelin, 1984). La compétition entre ces organismes pour accéder à la masse d'eau et au flux de nourriture (plancton et particules en suspension) est importante et induit une organisation de ces peuplements en plusieurs strates à la surface du substrat rocheux. Les grands invertébrés dressés constituent la strate supérieure et marquent la physionomie des "tombants". Cette strate est composée principalement par des grandes colonies de gorgonaires : gorgone blanche (*Eunicella singularis*), gorgone jaune (*Eunicella cavolinii*), gorgone pourpre (*Paramuricea clavata*), et de manière localisée, gorgone verruqueuse (*Eunicella verrucosa*) et gorgone plumeuse (*Lophogorgia ceratophyta*), mais aussi par des éponges cornes-de-cerf (*Axinella polypoides*), par des grands vers spirographes et par des colonies de bryozoaires branchus *Myriapora truncata*, *Pentapora fascialis*, *Porella cervicornis*, *Sertella septentrionalis*, *Hornera lichenoides*. En sous-strate se développent des organismes plus petits : des vers fixés, des ascidies, des bryozoaires, des hydriaires et de petits coraux solitaires. La dernière strate est constituée d'éponges, de bryozoaires encroûtants et de corallinacées (Rhodobiontes) édifiatrices en placages. Ces peuplements du coralligène procurent nourriture et habitats pour de nombreuses espèces vagiles (poissons, crustacés, mollusques). Les cavités dans les zones rocheuses à coralligène sont fréquemment tapissées de corail rouge (*Corallium rubrum*) et peuvent également abriter l'oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*) ou l'oursin melon (*Echinus melo*). Le coralligène présente donc un intérêt écologique et biologique indéniable (Bellan-Santini *et al.*, 1994).

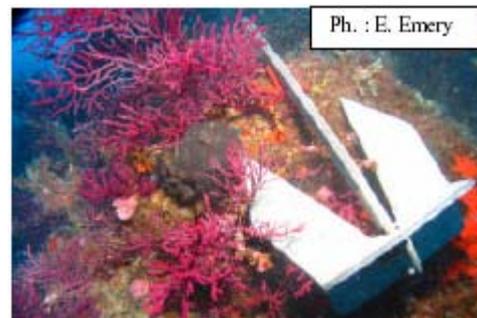
La plupart des espèces de poissons rencontrées dans les zones coralligènes fréquentent également les fonds rocheux infralittoraux et les grottes sous-marines (Harmelin, 1990 ; cf. § 6.1.7). Les espèces de poissons les plus typiques et remarquables du coralligène sont le barbier (*Anthias anthias*), le labre coquette (*Labrus bimaculatus*), le chapon (*Scorpaena scrofa*) et le gobie rayé (*Gobius vittatus*). En outre, des signalisations de deux espèces de labres profonds (*Acantholabrus palloni*, *Lappanella fasciata*) ont été faites en plongée (Sartoretto *et al.*, 1997). En ce qui concerne les crustacés, les langoustes (*Palinurus elephas*), grandes cigales (*Scyllarides latus*) et homards

(*Homarus gammarus*) peuvent être observés dans les anfractuosités rocheuses du coralligène.

⇒ Etat de vitalité

Du fait de la perpétuelle compétition avec les organismes constructeurs de coralligène et les organismes bio-érodeurs endolithes, la croissance de ces bioconcrétionnements est naturellement très lente (moins de 1 mm/an), les concrétionnements mettant plusieurs milliers d'années pour s'édifier (Sartoretto, 1996). Le coralligène et les peuplements associés sont donc particulièrement vulnérables aux dégradations provoquées par les activités humaines (pollution, mouillage, plongée). La présence de colonies de gorgones mais aussi dans certains cas d'éponges corne de-cerf (*Axinella polypoides*) gisant libres sur le fond, au pied des tombants, vraisemblablement arrachées par l'action mécanique d'ancres et de chaînes de mouillage, peut ainsi témoigner de la dégradation des zones à coralligène. Ce patrimoine biologique est aussi très sensible aux rejets de polluants d'origine industrielle. Ces derniers entraînent la fragilisation des bioconstructions et l'appauvrissement conséquent de leurs peuplements avec la disparition de certains groupes d'invertébrés normalement présents (Hong, 1983).

Figure 13 : ancrage sur le coralligène



Depuis la première évaluation biologique fournie par Harmelin *et al.* (1996), un phénomène de mortalité massive des peuplements de gorgonaires (durant l'été 1999) a touché la côte entre la Ligurie et Marseille (Cerrano *et al.*, 2000 ; Pérez *et al.*, 2000a). Au total, 28 espèces ont présenté des mortalités importantes, essentiellement des espèces de Cnidaires et de Spongiaires. Ce phénomène de mortalité se traduit chez les gorgones par une disparition des tissus vivants (nécroses) laissant le squelette à nu (Figure 14). Selon l'importance des dommages subis, la colonie peut régénérer les parties nécrosées ou finir par mourir. Outre les gorgonaires, de nombreux peuplements de Spongiaires ont été également sévèrement atteints, notamment en ce qui concerne les éponges cornées (*Spongia agaricina*, *S. officinalis*, *Hippospongia communis*) dont certains peuplements ont été entièrement décimés au cours de cette période (Pérez *et al.*, 2000a). Cet épisode de mortalité massive n'est pas le premier événement de ce genre en Méditerranée, mais c'est le premier ayant affecté une aussi grande diversité d'organismes.

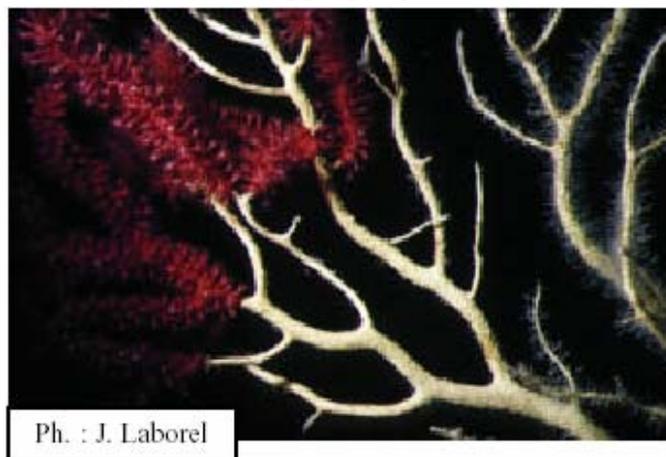


Figure 14 : Nécrose sur une colonie de *Paramuricea clavata*

Depuis 1993, plusieurs études ont été menées par le Centre d'Océanologie de Marseille sur les peuplements de gorgones pourpres et sur le corail rouge. Il s'agit d'études menées dans le cadre de la mise en place d'une stratégie de suivi avant la création d'une aire marine protégée (Harmelin *et al.*, 1998), du Réseau de Surveillance Gorgones PACA (RSG - Sartoretto, 2001 ; Sartoretto, 2002) et du programme de recherche ministériel Liteau (Pérez *et al.*, 2002). Ces études avaient pour objectifs :

- d'acquérir des données fiables permettant d'apprécier les impacts des activités humaines (Rejet de Cortiou, fréquentation) dans la cadre de la mise en place d'une aire marine protégée ;
- suivre l'évolution des peuplements de gorgonaires suite à la mortalité massive de 1999.

La méthode de suivi retenue pour ces travaux consiste à estimer et à suivre des paramètres démographiques (densité des colonies par unité de surface; structure de taille) et morphologiques (taux de nécrose de chaque colonie présente dans la surface échantillonnée) sur des quadrats. A titre d'exemple, les stations étudiées pour les gorgones situées dans l'archipel de Riou sont visualisées à la figure 15.

Les peuplements superficiels, même s'ils sont plus exposés aux eaux anormalement chaudes, semblent moins touchés que les peuplements profonds, où les taux de nécrose peuvent atteindre le tiers des colonies. La forte variabilité constatée entre les différents sites ne peut donc pas être uniquement expliquée par la température. Des éléments tels que la répartition des activités humaines (plongée, pêche, mouillage), la dispersion des effluents et la résistance des populations (suite à des épisodes chauds antérieurs) apportent quelques éléments d'explication supplémentaires sur les proportions de gorgones nécrosées, sans toutefois exclure l'hypothèse d'une origine pathologique.

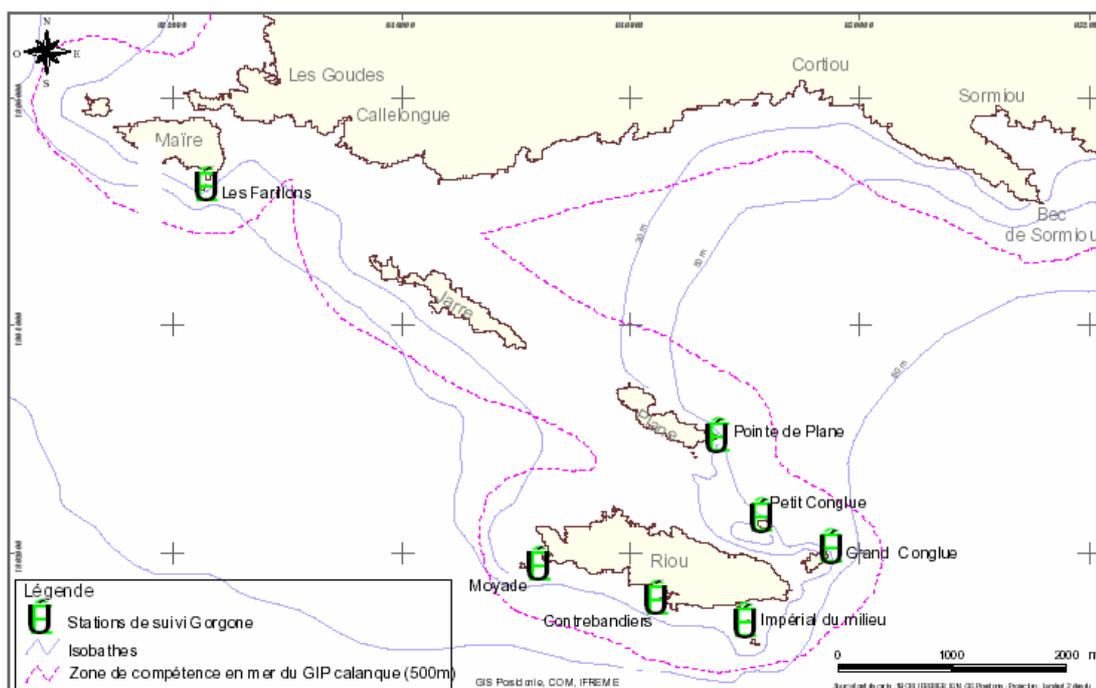


Figure 15 : Exemple de localisation des principales stations de suivi des gorgones dans l'archipel de Riou

Eléments connus de leur évolution

Les fonds coralligènes constituent un patrimoine biologique unique très fragile en Méditerranée. Les recherches menées par le Centre d'Océanologie de Marseille sur des concrétions coralligènes soumis à un gradient de pollution domestique et industrielle ont mis en évidence le déclin du nombre d'espèces bio-constructrices en faveur des bioérodeurs, notamment avec l'augmentation des éponges perforantes qui détruisent les bioconstructions (Hong, 1983). Les rejets polluants engendrent, sur les concrétions coralligènes et leurs peuplements, deux types d'impact :

- la fragilisation des bioconstructions ;
- l'appauvrissement du peuplement, avec la disparition de certains groupes d'invertébrés normalement présents.

Les gorgones sont des espèces structurantes, essentielles pour le maintien de la diversité des communautés de substrats durs de Méditerranée nord-occidentale. Si l'épisode de mortalité de 1999 s'inscrit dans un contexte de changement climatique global, on peut craindre la répétition de tels événements avec le risque de disparition à plus ou moins long terme des grands gorgonaires en zone littorale. Cette disparition serait donc susceptible d'avoir des répercussions importantes sur la biodiversité.

Importance particulière

Les tombants rocheux et le concrétionnement coralligène constituent deux milieux parmi les plus appréciés des plongeurs sous-marins. Ils revêtent donc un caractère économique indéniable. Les animaux fixés offrent en effet une diversité de formes, de couleurs et une richesse biologique unique. Cette richesse spécifique se traduit par des paysages sous-marins remarquables en grande partie composés de peuplements de gorgones rouges (*Paramuricea clavata*) et jaunes (*Eunicella cavolinii*). Les peuplements de coralligène constituent donc un milieu d'exception, d'importance non seulement patrimoniale mais aussi économique, qu'il convient donc tout particulièrement de préserver.

6.1.7. Peuplements de poissons

Ces peuplements sont donnés à titre informatif, car tributaires du benthos. Les assemblages de poissons des zones rocheuses et, dans une moindre mesure, des herbiers de Posidonie, reflètent bien d'une part le niveau de pression des activités humaines de pêche, et d'autre part, les capacités de récupération d'un site mais aussi les changements qui peuvent indiquer une évolution des distributions géographiques.

Les fonds rocheux se caractérisent selon les quatre grands types d'habitats suivants : (i) petits fonds rocheux, (ii) fonds coralligènes, (iii) parois accores, (iv) grottes. Un inventaire non exhaustif des principales espèces de poissons caractéristiques de ces habitats a été présenté par Harmelin *et al.* en 1996 (Tableau 15).

Tableau 15 : Ichtyofaune des fonds rocheux selon Harmelin et al., 1996.

Types d'habitats rocheux	Espèces en présence
Petits fonds rocheux	Labridés : <i>Symphodus</i> ssp., <i>Coris julis</i> , <i>Labrus merula</i> et <i>L. viridis</i> Sparidés : <i>Diplodus sargus</i> et <i>D. vulgaris</i> Scorpaenidés : <i>Scorpaena porcus</i> Serranidés : <i>Serranus cabrilla</i> Et ponctuellement le rason <i>Xyrichtys novacula</i> (Cap Croisette) et l'hippocampe <i>Hippocampus ramulosus</i> (Riou)
Roches coralligènes	Sparidés : <i>Diplodus puntazzo</i> et <i>D. cervinus</i> , <i>Pagrus pagrus</i> , <i>Dentex dentex</i> Scorpaenidés : <i>Scorpaena scrofa</i> Serranidés : <i>Epinephelus marginatus</i> , <i>Anthias anthias</i> Labridés : <i>Labrus bimaculatus</i> , <i>Lapanella fasciata</i> , <i>Acantholabrus palloni</i> Gadidés : <i>Phycis phycis</i> Gobiidés : <i>Gobius vittatus</i> Et occasionnellement le poisson lune <i>Mola mola</i> , le St Pierre <i>Zeus faber</i> et la sérieole <i>Seriola dumerili</i>
Parois accores (forte pente)	Idem mais plus grande abondance des poissons de pleine eau, planctonophages pour la plupart : castagnoles, barbiers, bogues, mendoles, oblades
Grottes sous-marines	Gobiidés : <i>Thorogobius ephippiatus</i> , <i>Gammogobius steinitzi</i> Apogonidés : <i>Apogon imberbis</i> Gadidés : <i>Phycis phycis</i> Bithididés : <i>Oligopus ater</i>

Dans l'herbier de Posidonie, Harmelin-Vivien (1981) relevait 38 espèces, essentiellement des Labridés (petits labres, girelles) mais également des Scorpaenidés (rascasses), des Syngnathidés (Syngnathes), des Sparidés (Sars, bogues, canthares), des Centranchidés (mendoles, jarrets) et des Gobiidés (Gobies).

Les peuplements de poissons constituent un élément déterminant du patrimoine naturel marin. Ils font partie intégrante du paysage sous-marin par leur abondance, leur diversité, leurs couleurs. L'intérêt économique de cette ressource, autrefois cantonnée à la seule pêche professionnelle, concerne également aujourd'hui le tourisme sous-marin, qu'il s'agisse des bateaux à fond de verre, des sentiers sous-marins et surtout de la plongée sous-marine.

6.1.8. Espèces protégées et d'intérêt patrimonial

Les espèces bénéficiant d'un statut légal de protection en France sont peu nombreuses dans le milieu marin (79 espèces, ainsi que les tortues marines et tous les cétacés). Les autres espèces remarquables citées dans cet inventaire ont été sélectionnées en fonction de leur vulnérabilité face à la pression humaine, mais également pour l'intérêt qu'elles suscitent : espèces-clés des paysages sous-marins, principales espèces cibles et espèces symboles. Certaines d'entre elles sont également incluses (en tant qu'espèces strictement protégées ou protégées) dans les annexes de la convention de Barcelone

(1996) et de la convention de Berne (1996) amendée en France par le décret du 07 juillet 1999 (Tableau 16).

Tableau 16 : *Quelques espèces présentes ayant un statut légal de protection (par ordre chronologique de protection)*

Espèces	Taxonomie	Réglementation
Cétacés	Mammifères	Arrêté ministériel du 20/10/70
<i>Patella ferruginea</i>	Mollusque	Arrêté ministériel du 26/11/92 et JO 19/01/93
<i>Pinna nobilis</i>	Mollusque	Idem
<i>Lithophaga lithophaga</i>	Mollusque	Idem
<i>Scyllarides latus</i>	Crustacé	Idem
<i>Centrostephanus longispinus</i>	Echinoderme	Idem
<i>Epinephelus marginatus</i>	Poisson	Arrêté préfectoral du 02/04/93 (moratoire)
<i>Posidonia oceanica</i>	Magnolophytes	Arrêté ministériel du 19/07/88
<i>Cystoseira amentacea</i>	Chromobionte	Décret du 07/07/99
<i>Lithophyllum byssoides</i>	Rhodobionte	Idem
<i>Aplysina cavernicola</i>	Eponge	Idem
<i>Asbestopluma hypogea</i>	Eponge	Idem
<i>Petrobiona massiliana</i>	Eponge	Idem
<i>Gerardia savaglia</i>	Cnidaire	Idem
<i>Luria lurida</i>	Mollusque	Idem
<i>Hippocampus ramulosus</i>	Poisson	Idem
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Poisson	Idem

Les **espèces-clés** des paysages sous-marins (gorgones, éponges, autres cnidaires, etc.) constituent par leur action constructive, leur taille, ou encore leur abondance, l'attrait principal des fonds sous-marins, pour les plongeurs en particulier. La plupart ne sont pas considérées comme menacées, mais elles représentent un **patrimoine** de forte valeur qu'il convient de protéger.

Les **espèces d'intérêt commercial** sont celles qui sont recherchées par les pêcheurs professionnels et amateurs (pêche à la ligne et chasse sous-marine). Ce sont les éponges commerciales, le corail rouge, les grands crustacés comme la langouste.

Enfin la **valeur symbolique** de certaines espèces tient à leur popularité auprès du public (cote médiatique et qualité esthétique pour les plongeurs essentiellement) : grande nacre et grande porcelaine par exemple.

6.1.9. Les espèces invasives

⇒ *Caulerpa racemosa cylindracea*

Deux chlorobiontes du genre *Caulerpa*, *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa*, ont été introduites en Méditerranée dans les années 1980 et 1990 respectivement (Meinesz et Hesse, 1991 ; Verlaque *et al.*, 2000). La première de ces espèces a été ensuite introduite en Californie (Jousson *et al.*, 2000). *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* sont souvent qualifiées à tort d'« espèces tropicales ». En effet, on sait aujourd'hui que les souches introduites en Méditerranée ne proviennent pas de mers tropicales, mais d'une région tempérée d'Australie dont la température des eaux est comparable à celle de la Méditerranée (Durand *et al.*, 2002 ; Meusnier *et al.*, 2001). Ces espèces présentent des adaptations qui les rendent très compétitives vis-à-vis des peuplements indigènes ; elles possèdent en particulier des métabolites secondaires (terpénoïdes) toxiques qui les font éviter par les herbivores indigènes (Boudouresque *et al.*, 1995).

La deuxième espèce, *Caulerpa racemosa* (Forsskål) (Figure 16) est une espèce largement distribuée dans les mers pan-tropicales et tempérées chaudes. *C. racemosa* est décrite dans la littérature avec de nombreuses variétés et formes différentes qui pourraient en fait masquer plusieurs espèces distinctes comme le soulignent Verlaque *et al.* (2000). En Méditerranée, cette espèce, initialement signalée en Tunisie (à Sousse, 1926), est généralement considérée comme un « immigrant lessepsien », mais la réalité est plus complexe et ses populations méditerranéennes sont en fait composées de 2 variétés distinctes (*Caulerpa racemosa* var. *turbinata-uvifera* et *C. racemosa* var. *lamourouxi*) et d'une variété envahissante très probablement récemment introduite *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. Cette dernière variété, dont la 1ère mention en Méditerranée date de 1991, s'est dispersée rapidement à travers toute la Méditerranée, de la Libye aux îles Baléares, et est maintenant présente dans 11 pays. L'impact de son implantation rapide sur de nombreux types de fonds se traduit, comme pour *C. taxifolia* par des impacts sur l'environnement et certaines activités humaines (Gravez, 2003). Cette espèce est la seule des Caulerpes invasives à être signalée dans la zone des calanques (hormis l'espèce indigène *Caulerpa prolifera*).



Figure 16 : *Caulerpa racemosa* © .J.M. Cottalorda

⇒ *Asparagopsis armata*

La Rhodobionte *Asparagopsis armata* est un exemple classique d'introduction d'algue exotique en Europe, dont l'origine probable est l'Australie (Feldmann et Feldmann, 1942). Elle a fait son apparition en Méditerranée dès 1923 (Sauvageau, 1925) où elle s'étend très rapidement. Elle possède un stade gamétophyte et deux stades sporophytes dont un, le tétrasporophyte, est libre. Le gamétophyte est aujourd'hui commun en Algérie, en Espagne et dans le sud-ouest de la France (jusqu'au Var à l'est), alors qu'il est rare dans le reste du bassin occidental. Par contre le tétrasporophyte, appelé « *Falkenbergia rufolanosa* », est signalé dans l'ensemble du bassin méditerranéen.

Asparagopsis armata possède trois atouts précieux qui lui permettent d'étendre rapidement son aire de répartition : (i) elle est évitée par les herbivores car elle produit des métabolites secondaires toxiques, (ii) ses deux phases fixées peuvent se multiplier végétativement, et son stade « *Falkenbergia* » a la capacité de se reproduire par des spores apoméiotiques (Feldmann, 1957).

Actuellement, dans le Golfe du Lion, *Asparagopsis* et « *Falkenbergia* » pullulent saisonnièrement (fin hiver-printemps) sur l'infralittoral (Figure 17) et aucun signe de régression n'a pu être observé à ce jour (Verlaque, 1994).

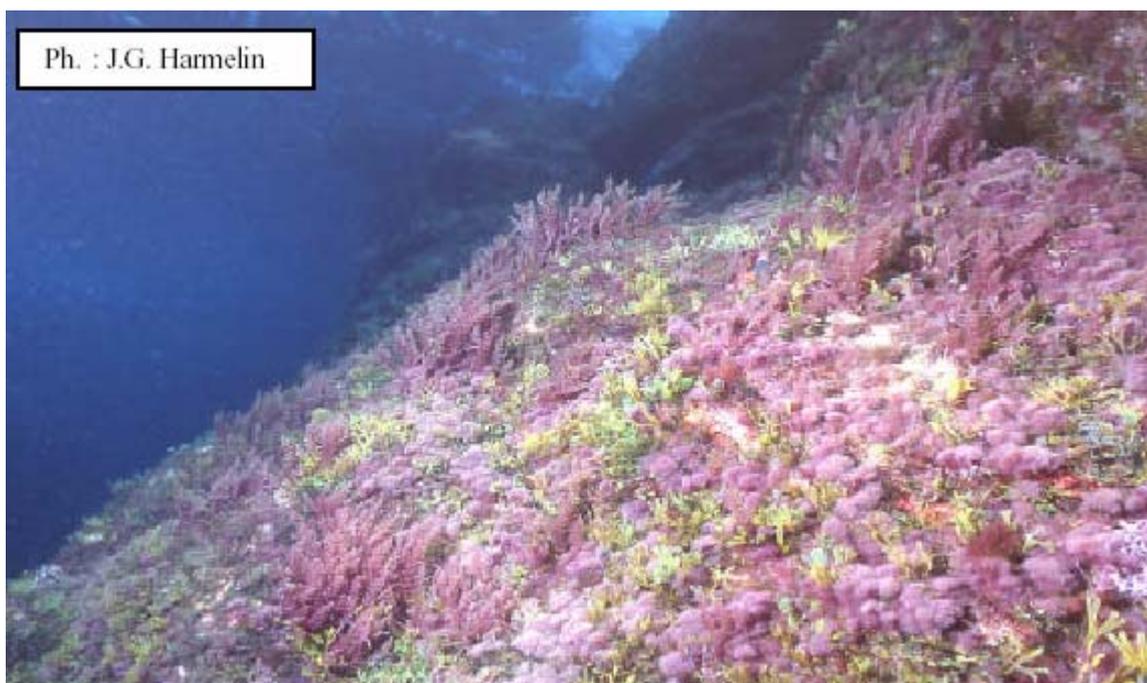


Figure 17 : Tombant recouvert d'*Asparagopsis armata*

6.1.10. Les paysages sous-marins

Un paysage désigne une zone ou un espace, tel que perçu par les habitants du lieu ou les visiteurs, dont l'aspect et le caractère résultent de l'action de facteurs naturels et/ou culturels (Convention européenne du paysage, Florence, Italie, octobre 2000). Le paysage (=écosystème) est une notion complexe dont les définitions sont multiples. Une des définitions est « mosaïque d'écosystèmes interconnectés » ou « portion de territoire hétérogène composé d'ensembles d'écosystèmes en interaction qui se répètent

de façon similaire dans l'espace » (Forman et Godron, 1986). L'échelle du paysage est donc supérieure à celle de l'écosystème. Les limites spatiales sont déterminées par l'œil humain.

Le paysage est en partie déterminé par la stratification : nombre de strates, hauteur des strates, ouverture et fermeture des strates. Il est également déterminé par le « patchiness » (au sein d'un écosystème) et par la façon dont les différents écosystèmes se répartissent l'espace horizontal accessible à l'œil humain.

En milieu marin, les interventions anthropiques étant très limitées, seules les approches géomorphologiques (formes et relief du substrat), écologiques (assemblages de peuplements) et psychologiques (perception du paysage, approche subjective) sont généralement retenues pour décrire les paysages sous-marins (Palmisani, 2002).

Les différents paysages décrits en milieu marin sont encore étroitement liés aux niches biocénotiques ; ainsi, leur classification s'appuie directement sur l'élément biocénotique dominant, tapis algaux, herbier de posidonie, peuplements du coralligène (Figure 18). En outre, le champ de vision réduit de l'observateur sous-marin donne une importance particulière à la notion d'échelle du paysage. La topographie (fond de calanque, grotte, ou tombant rectiligne), ainsi que la profondeur et les conditions environnementales du site (contexte local de turbidité des eaux) qui conditionnent la visibilité sont des paramètres essentiels des paysages sous-marins.

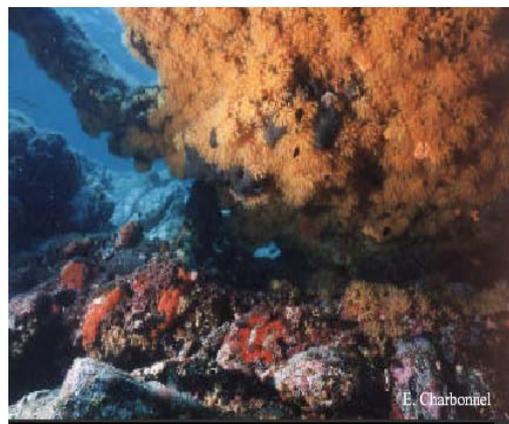
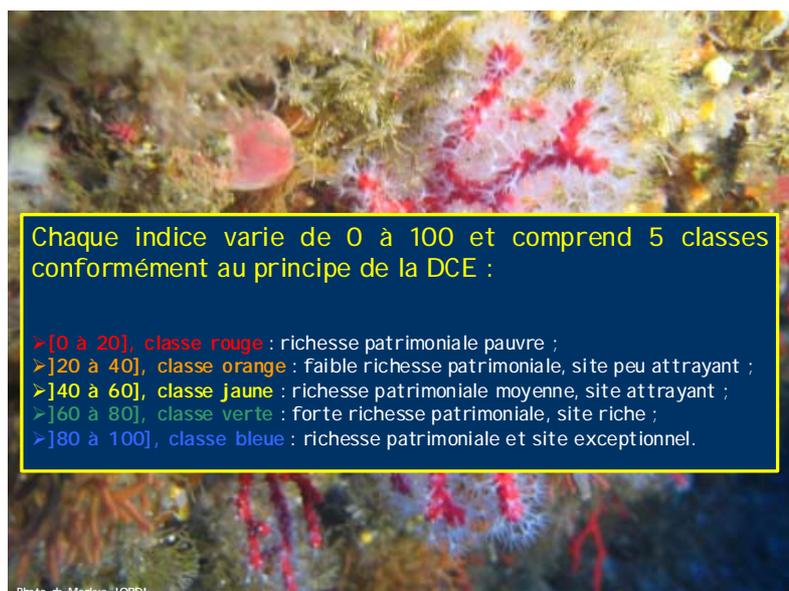


Figure 18 : Paysage sous-marin : un surplomb

La STARESO, dans le cadre d'une étude financée OEC et AERM&C sur les indices paysagers en Corse a défini les indices suivants (cf. ci-dessous).



Eux mêmes découpées en (i) indice plongeur, (ii) indice LIMA-Littoral Marin, (iii) indice topographique, (iv) indice poisson et (v) indice herbier.

L'indice plongeur, qui est celui le plus concerné par les paysages sous-marins et qui comprend deux indices : l'indice biologique (espèces remarquables, menacées et invasives) et l'indice topographique, fonction du type de substrat rencontré par les plongeurs. Ce dernier indice est inspiré de celui élaboré par Créocéan pour la région PACA (cf. ci-dessous).

Expérimentation terrain

Indice topographique (T)

Indice inspiré de celui créé par Créocéan (région PACA)

Typologie et nature des fonds

- >Petit éboulis
- >Grand éboulis
- >Grande cavité (grotte, surplomb...)
- >Petite cavité (petit surplomb...)
- >Faille
- >Aiguille rocheuse, sec
- >Coralligène
- >Belle étendue sableuse
- >Substrat artificiel (épave, récif...)
- >Vase
- >Herbier
- >Plateau rocheux (roche mère plate, dalle...)
- >Rochers isolés
- >Milieu sablo-vaseux
- >Maërl
- >Roche mère escarpée
- >Matte morte

Indice topographique (T)

80-100
60-80
40-60
20-40
0-20

L'indice LIMA (Littoral Marin), renseignant sur la richesse patrimoniale d'un site ou d'un secteur, a été présenté dans les trois régions méditerranéennes. La grille ci-après a été élaborée sur la base de ces discussions. L'encadré ci-après recense les espèces et les groupes pris en compte pour le définir.

Expérimentation terrain

Indice LIMA

Indice discuté par différents scientifiques et utilisateurs potentiels

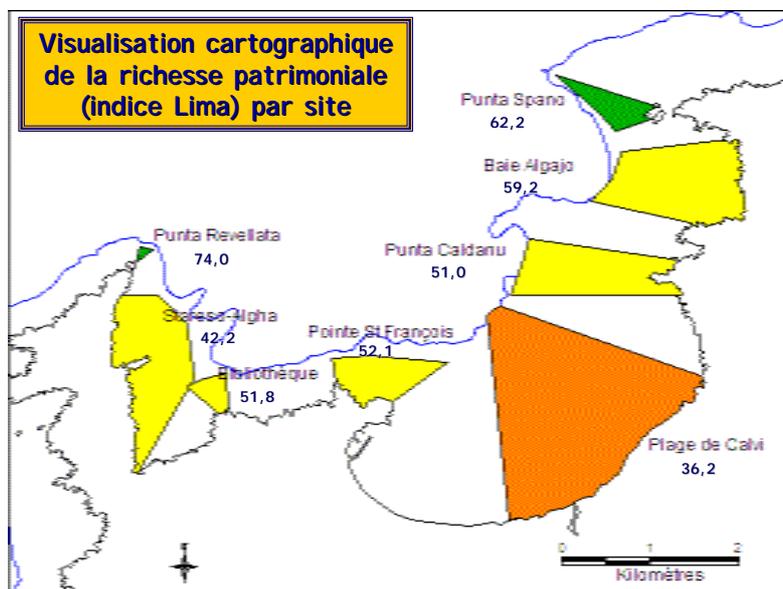
- Indice espèces remarquables (R)**
 - > fréquence d'observation des espèces listées le long des transects
- Indice des espèces envahissantes (E)**
 - > fréquence d'observation des espèces listées le long des transects
- Indice des espèces structurantes (S)**
 - > fréquence d'observation des espèces listées le long des transects

Indice LIMA

80-100
60-80
40-60
20-40
0-20

L'indice LIMA comprend des espèces remarquables, des espèces envahissantes et des espèces structurantes.

Une répartition en trois « sous-indices » et une intégration des scores obtenus sur un transect d'une cinquantaine de mètres est donné dans la carte ci-après (application à la baie de Calvi).



Mise en application de l'indice LIMA en Baie de Calvi (indice LIMA de 1 à 100 et couleur DCE)

6.2. Les réseaux de surveillance et les suivis locaux ayant une composante benthique

6.2.1. Le Réseau Littoral Méditerranéen (RLM)

Depuis son lancement, le RLM s'appuie sur une Charte de coopération matérialisant la participation des différents partenaires publics ou privés, soucieux de collaborer à ce nouveau concept de surveillance intégrée des milieux aquatiques littoraux. Cette Charte propose un cadre commun pour améliorer l'échange de données entre partenaires, réaliser des produits pertinents de valorisation des données et organiser un soutien méthodologique permanent aux porteurs de projets (élaboration de guides). Aujourd'hui, différentes actions en cohérence avec ces objectifs ont d'ores et déjà été menées. Des réseaux complémentaires ont vu le jour et sont à présent opérationnels comme le Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO) à l'échelle de la façade ou le Réseau de Suivi Lagunaire (RSL) en Languedoc-Roussillon. Le principal effort en matière de développement méthodologique a porté sur la définition d'indicateurs écologiques du milieu littoral et marin, avec pour cible des espèces benthiques. Cela s'est traduit également par le lancement d'études spécifiques à caractère parfois novateur, comme, par exemple, la définition d'un indice benthique, d'un indice gorgone ou d'un indice éponge.

(Source : <http://sierm.eaurmc.fr/rlm/index.htm>)

6.2.2. Le Réseau de Surveillance Lagunaire (RSL)

Ce réseau concerne les lagunes du Languedoc-Roussillon ; ses objectifs portent sur :

- ⇒ **La surveillance** (Source : <http://www.ifremer.fr/delst/surveillance/rsl.htm>) qui se décline en deux types d'actions :
- Le suivi global qui doit permettre d'évaluer et de suivre l'état d'eutrophisation des écosystèmes lagunaires. Il est commun à l'ensemble des lagunes de la région (20) et comprend :
 - Un diagnostic annuel de la qualité de l'eau,
 - Un diagnostic complet de l'état des lagunes réalisé tous les 4 ans, prenant en compte les végétaux aquatiques (phytoplancton et macrophytes benthiques), les sédiments et la macrofaune benthique (invertébrés).
 - Les suivis particuliers dont l'objectif est de répondre, en concertation avec les structures locales de gestion, à des problématiques environnementales spécifiques à un ou plusieurs écosystèmes, par des suivis ou des études ponctuelles. Selon les problématiques rencontrées, différents types de suivi peuvent être proposés : eutrophisation à une échelle locale (champ proche), contamination chimique, ...
- ⇒ **L'aide à la gestion** qui vise à fournir des diagnostics permettant aux structures locales de gérer les milieux lagunaires.

Le même type de suivi doit être effectué en Corse. Suite aux résultats de l'étude « Caractérisation de l'état d'eutrophisation des trois principaux étangs corses (Biguglia, Diana et Urbino), et proposition de renforcement de leur surveillance », la mise en œuvre d'un réseau de suivi de l'eutrophisation des lagunes corses (RLC), a été soumise à l'Office de l'Environnement de la Corse.

6.2.3. Le RSP, Réseau de Surveillance Posidonies

Il permet d'analyser et de suivre la dynamique de l'herbier de Posidonie : régression, stabilité ou progression. Ce réseau consiste en différents types de suivi :

- suivi des limites inférieures (25 à 35 m) : basé sur la mise en place de repères fixes (balises) au contact de l'herbier qui sont régulièrement suivis (observations en plongée, photographies...);
- suivi des limites supérieures (0 à 15 m) : en plus du balisage, une analyse plus générale est effectuée, basée sur la télédétection aéroportée (photographies aériennes) ;
- L'état de l'herbier et sa vitalité sont également étudiés, aussi bien en limite inférieure qu'en limite supérieure, au moyen de carrés permanents sur lesquels sont évalués la densité des faisceaux, le recouvrement, ...

Les points du RSP sont au nombre de 33 en PACA (Figure 19), répartis entre Martigues (Bouches-du-Rhône) et Eze (Alpes Maritimes). Le Service Maritime des Bouches du Rhône (DDE13) s'est impliqué en 2005-2006 dans la création d'un réseau de surveillance de l'herbier de Posidonie le long de la Côte Bleue (11 balisages complétant les 5 balisages de 1985). La troisième et dernière phase de mise en place du RSP Corse devrait se terminer fin 2006. Les sites corses ont été retenus sur la base d'une consultation entre les administrations ayant en charge la gestion de l'Environnement en Corse (OEC, DIREN) et les scientifiques notamment l'Equipe Ecosystème Littoraux (EqEL) de l'Université de Corse. Le littoral insulaire a été subdivisé en trois parties, objet d'une mise en place échelonnée dans le temps :

- Première phase (2004) : Cap Corse à Porto-Vecchio,
- Deuxième phase (2005) : Porto-Vecchio à Ajaccio,
- Troisième phase (2006) : Ajaccio au Cap Corse.

Au total, il y aura 30 sites répartis le long de la Corse.

Les démarches pour la mise en place du Réseau Posidonie sur la Côte des Albères se poursuivent. Le projet bénéficie de la dynamique Natura 2000. Une analyse de l'ensemble des données RSP est en cours afin d'analyser les variations à long terme et de rechercher les phénomènes de synergie entre sites permettant d'expliquer les régressions en limite inférieure observées le long du littoral PACA (Thèse de Nicolas Mayot, en cours, fin 2006).

6.2.4. Le réseau gorgones

Dans le cadre du RLM, le travail qui a porté sur les gorgones a permis de définir une méthodologie de suivi de ces peuplements dans une optique de mise en réseau. Le **réseau gorgones**, issu d'un partenariat entre la région PACA, le GIS Posidonie et le COM a ainsi vu le jour en 2001. L'objet de ce réseau est de suivre le degré de vitalité de *Paramuricea clavata*, à partir du taux de nécrose. 12 sites sont ainsi suivis une fois par an (Figure 19).



Figure 19 : Les points de suivi du RSP et du RSG en PACA



©Dominique Louis

Figure 20: Tombant de gorgones rouges *Paramuricea clavata*

En Méditerranée, la grande gorgone rouge *Paramuricea clavata* caractérise les peuplements des tombants rocheux et coralligènes. Dans le cadre d'études menées pour le compte d'Elf Aquitaine et de l'Agence de l'Eau (Pérez *et al.*, 2000b), cette espèce a fait l'objet de recherches bibliographiques sur son utilisation comme indicateur de la qualité globale du milieu marin. Les conclusions de ces études ont donné lieu à la réalisation d'un travail financé par le MEDD (programme LITEAU) afin de préciser les modalités et les conditions de l'utilisation de la gorgone rouge comme bioindicateur et son intégration dans un réseau littoral de surveillance de la qualité des eaux marines en Méditerranée (Pérez *et al.*, 2002).

A la fin de l'été 1999, des épisodes de mortalité massive ont atteint les peuplements de Gorgonaires et de corail (*Eunicella cavolinii*, *E. singularis*, *Paramuricea clavata*, *Corallium rubrum*) le long du littoral de Provence et de Côte d'Azur (Pérez *et al.*, 2000a, Pérez et Garrabou, 2002). Ces épisodes de mortalité, sans précédents connus et en relation avec des anomalies climatiques (déficit de mistral), ont touché l'ensemble du littoral compris entre Menton et Marseille, mais aussi le Golfe de Gènes (Cerrano *et al.*, 2000). Dans la région de Marseille (archipel de Riou), l'importance du phénomène a pu être appréciée grâce au suivi des peuplements de gorgones rouges engagé en 1998, sur l'initiative de la Ville de Marseille (Direction de la Qualité de Vie Partagée).

Le Réseau de Surveillance Gorgones s'intègre dans la stratégie spatiale développée par le Réseau Littoral Méditerranéen (RLM). Il est inclus dans une stratégie de surveillance globale du milieu. Il constitue un réseau de données complémentaires aux autres réseaux existants (RNO, REPHY, Réseau de Surveillance Posidonie, etc.) pour l'appréciation de la qualité globale des eaux en zone littorale. A ce titre, le RSG constitue un outil d'appréciation de la qualité des peuplements de substrats durs entre 30 et 50 m de profondeur.

6.2.5. Le réseau de surveillance Caulerpe (Suivi de l'expansion de *Caulerpa taxifolia* et de *Caulerpa racemosa*)

Trois espèces de caulerpes (Chlorobiontes, Plantae) sont présentes en Méditerranée :

- *Caulerpa prolifera*, espèce indigène
- *Caulerpa taxifolia*, espèce introduite et invasive

- *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, espèce introduite et invasive

Caulerpa racemosa a été observée pour la première fois en Méditerranée en 1990. Depuis, elle s'est répandue dans presque toute la Méditerranée (Verlaque *et al.*, 2000). A Marseille, les premières signalisations remontent à 1997.

Le laboratoire LEML-UNSA de Nice et le Centre d'Océanologie de Marseille réalisent un **suiti de l'invasion de *Caulerpa racemosa* sur la région PACA** en centralisant et en vérifiant toutes les signalisations de cette espèce sur les côtes méditerranéennes françaises (www.caulerpa.org)

Le laboratoire Egel suit ce réseau en Corse dans le cadre d'un contrat co-financé par l'OEC (Office de l'Environnement Corse).

6.2.6. Seagrass-Net, le réseau de surveillance des magnolophytes marines

Seagrass-Net a pour objectif le suivi de l'évolution des herbiers de magnolophytes marines dans leurs aspects : distribution, composition spécifique, abondance. Ce réseau compte 48 stations dans 18 pays dont une station en Méditerranée (en Corse), avec un suivi trimestriel. La méthode consiste à :

- Mettre en place 3 transects permanents ;
- Mesurer un certain nombre de paramètres : lumière, température, ... ;
- Mesurer les paramètres écologiques au niveau de l'herbier : recouvrement, densité, hauteur
- Et au niveau de la plante : biomasse (limbes, basses/écailles, rhizomes).

6.2.7. Suivis du Centre d'Océanologie de Marseille (COM) à Cortiou

Le secteur de Cortiou est suivi depuis 1965 dans le cadre de différents programmes. On dispose donc d'informations détaillées concernant l'état du milieu marin avant et après l'installation du grand collecteur de Marseille. Ce secteur a fait l'objet d'un grand nombre de publications et de rapports (Pergent-Martini, 1994 ; Bellan, 1999 ; Soltan, 2001 ; Arfi, 2000).

6.2.8. Suivi dans les étangs de Berre et de Vaine

Le GIPREB (Groupement d'Intérêt Public pour la Réhabilitation de l'Étang de Berre) a été créé en juin 2000 dans le cadre de la phase II du plan de reconquête de l'étang de Berre. Il poursuit le suivi scientifique mis en œuvre dans la phase I du plan de reconquête de l'étang (1994). Il comporte notamment les volets suivants :

- « Algues et magnoliophytes » : Le suivi est effectué chaque année sur 32 transects répartis uniformément sur les pourtours des étangs de Berre et de Vaïne. Chaque transect mesure 100 m de long et les dénombrements quantitatifs

des trois espèces et des cinq groupes d'espèces retenus (*Potamogeton pectinatus*, *Ruppia cirrhosa*, *Zostera noltii*, *Enteromorpha spp.*, *Ulva spp.*, *Cladophora spp.*, *Gracilaria spp.*, *Polysiphonia spp.*) sont réalisés sur 50 cm de part et d'autre de l'axe du transect. Ces observations permettent une approche quantitative en utilisant un Indice d'Abondance Moyenne (IAM).

- « Macrozoobenthos » : Le comptage et la détermination des espèces macrobenthiques sont effectuées sur 2 stations centrales faisant l'objet d'un suivi mensuel et sur des stations côtières prélevées 2 fois par an.

6.2.9. Suivi dans les AMP (Aires Marines Protégées)

Dans les aires marines protégées, il existe souvent un système de veille plus ou moins développé. Ainsi, dans le Parc National de Port-Cros (PNPC), la plupart des espèces patrimoniales sont suivies (*Pinna nobilis*, *Paramuricea clavata*, *Lithophyllum sp.*, *Posidonia oceanica*, mérous...). Un suivi concerne également l'ichtyofaune en général. Les mêmes types de suivi existent pour la Réserve de Scandola (Corse).

Dans la Réserve Marine de Cerbères-Banyuls, des suivis concernent l'ichtyofaune en général, mais aussi plus particulièrement *Epinephelus marginatus* et *Diplodus sargus*. Les suivis sont réalisés soit en interne par les agents de la Réserve, soit par le Laboratoire Ecosystèmes Aquatiques Tropicaux et Méditerranéens FRE EPHE-CNRS 2935 (Université de Perpignan).

Dans la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB), un suivi des peuplements de gorgones *Paramuricea clavata* a été mis en place en 1998. La méthodologie consiste en un inventaire des zones favorables à cette espèce, associé à une analyse de la densité des colonies, de la structure démographique et une évaluation du taux de nécrose. Les paramètres suivants sont mesurés :

- Densité et taille des colonies par m² ;
- Pourcentage et localisation des nécroses.

Pour cette réserve, une base de données a été conçue pour rassembler l'ensemble des données concernant la faune, la flore dans la réserve, et notamment les données de suivis divers (herbiers, ichtyofaune...).

Sur les sites où ont été implantés des récifs artificiels, tels que le Parc Marin de la Côte Bleue, un suivi régulier est effectué sur l'ichtyofaune (comptages à vue) afin d'évaluer notamment l'« effet réserve ».

6.2.10. Autres sites étudiés régulièrement

Dans les secteurs de rejet de stations d'épuration, les collectivités mettent en place des programmes de suivi du milieu (herbier de posidonies...). C'est le cas par exemple des rejets de Cassis, Giens, Hyères..., mais aussi des aménagements (ports de Sausset les

Pins, Porquerolles, de l'Aygade, de Saint-Tropez, l'anse des Sablettes, la plage de la Capte.

La stratégie de surveillance des rejets urbains résulte de l'application d'un guide méthodologique du RLM, avec la définition d'un cahier des charges des études et actions nécessaires.

6.2.11. Bilan géographique du suivi

Quelques sites bénéficiant d'un suivi sont présentés ci-dessous (Figure 21). On remarque que ce sont les secteurs situés à proximité des laboratoires (région Marseillaise, baie de Banyuls...) et les AMP qui sont en général suivis.



Figure 21 : Localisation de quelques sites suivis

6.3. Les programmes de recherche ayant une composante benthique

6.3.1. LIMA

Le programme LIMA (LIttoral MARin Corse) a pour objectif la mise en œuvre du RLM en Corse, sous maîtrise d'ouvrage de l'OEC. Dans le cadre de ce projet, une étude réalisée en collaboration entre l'Université de Corse et le BRGM a pour objectif de préciser et de cartographier les traits morphologiques et sédimentologiques de la plateforme corse entre 0 et -100 m de profondeur. La phase I du programme (2001) a été consacrée à la réalisation d'une cartographie à l'échelle 1/100 000^e de la nature des fonds à partir de la compilation de données existantes et grâce à l'acquisition de données nouvelles (sonar latéral, prélèvements, vidéo sous-marine et sismique réflexion).

6.3.2. GDR « Gestion des écosystèmes méditerranéens »

Ce Groupement De Recherches entre l'Ifremer et l'Université de Corse, avec participation du GIS-Posidonie et de la Stareso, a pour thématique fondamentale la gestion du milieu littoral de la Corse. Il comprend 2 volets : « Biosurveillance à l'aide d'organismes sentinelles indicateurs de pollution » et « Gestion de l'information utile à la gestion intégrée de la zone côtière ».

Le deuxième volet comporte notamment la réalisation d'une cartographie précise (pixel de 2 m) sur un site atelier : la baie de la Revellata (Calvi), avec une attention particulière portée aux herbiers de posidonies et aux peuplements algaux de substrats durs. Il devrait fournir des éléments méthodologiques pour la cartographie de ces habitats.

6.3.3. REpartition *DITtrupa arietina* (REDIT)

Les objectifs du programme REDIT, mis en place par le Laboratoire d'Océanologie de Banyuls (Source : <http://www.obs-banyuls.fr/Recherche/UMR7621/Ditrupa.htm>), sont de suivre les variations d'abondance de l'annélide polychète filtreur *Ditrupa arietina* et de les corrélérer avec des événements météorologiques, afin d'expliquer l'accroissement de la population à long terme. En effet l'émergence de cette espèce initialement absente des fonds sableux où elle est maintenant très largement dominante (i.e., des densités supérieures à 1000 individus par m²) a été observée. Ce dernier chiffre est particulièrement important pour la Méditerranée, mer pauvre où le macrobenthos n'est habituellement présent qu'en faible abondance.

Les paramètres mesurés dans le cadre de REDIT sont : abondance, structure de la population, recrutement, météo, granulométrie sur les sites suivants :

- Baie de Banyuls-sur-Mer : 1 station échantillonnée 1 fois par semaine, 78 stations échantillonnées tous les ans.
- Baie de Blanes : 1 station échantillonnée de manière irrégulière
- Golfe du Lion : 120 stations échantillonnées de manière occasionnelle mais simultanée (septembre 1998).

6.3.4. SYSCOLAG

Dans le cadre du programme de Recherche sur les **Systèmes Côtiers et Lagunaires** SYSCOLAG, un inventaire des données concernant le benthos des substrats meubles du Languedoc Roussillon (mer ouverte) a fait l'objet d'une thèse au laboratoire Arago de Banyuls. La base de données développée intègre notamment des données non encore exploitées (du programme REDIT entre autres). Les objectifs de SYSCOLAG (Source : <http://www.ifremer.fr/syscolog/index2.htm>) rejoignent ceux du REBENT car ils visent (i) à mobiliser et mutualiser les connaissances disponibles, (ii) à proposer des indicateurs pertinents de suivi et (iii) à construire des outils d'aide à la décision, démarche devant permettre à terme de constituer un observatoire régional du littoral du Languedoc-Roussillon. Une des thématiques concerne l'analyse de la faune benthique pour l'identification d'indicateurs biologiques.

6.3.5. Au niveau international, recherche sur la biodiversité

Dans le cadre du projet BIOMARE (Implementation of large-scale long-term MARine BIOdiversity research in Europe) (Source : <http://www.biomareweb.org/>), un certain nombre de sites de référence ont été définis en vue d'une recherche à long terme et à grande échelle sur la biodiversité marine en Europe (cf. annexe V). Pour la façade méditerranéenne, 8 sites ont été choisis : Banyuls, Carry-le-Rouet, Calanques de Marseille, Archipel de Riou, La Ciotat, Port-Cros, Scandola et Villefranche. Ces sites devaient être dans un bon état de conservation, et comprendre une grande variété d'habitats ; d'autre part, les sites qui étaient déjà bien étudiés et pour lesquels il existe des commodités de travail (laboratoire à proximité...) ont été choisis en priorité.

6.3.6. INTERREG II B / Posidonia

Le programme INTERREG IIIB / Posidonia, lancé au printemps 2005, a pour objectifs la mise en cohérence, le développement, l'harmonisation et la validation de méthodes d'évaluation de la qualité du milieu littoral par le suivi de l'herbier de *Posidonia oceanica*. Il rassemble les régions Ligure, PACA, Corse et Catalane.

Le projet s'inscrit dans le développement d'un réseau écologique européen et méditerranéen et la gestion des zones écologiquement sensibles ou de grande

biodiversité. Le but est d'aboutir à l'élaboration d'outils et de méthodologies communs et standardisés applicables à toute la Méditerranée. La nécessité de disposer d'outils (cartographie et surveillance), ainsi que de banques de données aisément consultables, tant par les scientifiques que par les décideurs, apparaît primordiale afin d'autoriser une comparaison des résultats acquis.

Plusieurs objectifs ont été définis :

- ⇒ Générer en cartographie une séquence logique d'utilisation d'outils et de logiciels, permettant de créer une banque de données à partir de laquelle pourront être obtenus des produits homogènes, comparables et intégrables pour toutes les régions concernées ;
- ⇒ Élaborer la meilleure stratégie de surveillance ;
- ⇒ Détecter, identifier, sélectionner les substances bio-indicatrices les plus caractéristiques ;
- ⇒ Échanger les expériences, sélectionner les stratégies les plus efficaces en termes de coût, de précision et de lisibilité pour les utilisateurs, les mettre en œuvre ;
- ⇒ Formaliser ces stratégies, non seulement pour une utilisation commune à l'ensemble des partenaires du programme, mais aussi pour son extension à l'ensemble des pays concernés du bassin méditerranéen.

De plus amples informations figurent sur le site www.ifremer.fr/posidonia.

6.3.7. INTERREG III A / AISC

Le programme INTERREG IIIA / AISC (Analyse Intégrée des Systèmes Côtiers), lancé début 2005, est un projet issu d'une coopération scientifique Corse, Sardaigne, Toscane

Le principal objectif du projet AISC est d'évaluer l'influence des bassins versants sur la dégradation des biocénoses benthiques, avec le choix des indicateurs permettant de caractériser l'influence de ces apports sur les biocénoses terrestres et marines.

En mer, les indicateurs retenus sont :

- Des paramètres de caractérisation de l'herbier de posidonie : la limite supérieure, le recouvrement, la densité, et dans la mesure du possible la limite inférieure,
- La présence d'espèces invasives,
- La macrofaune benthique.

La proposition de la Région Corse au programme INTERREG IIIA / AISC prévoit l'utilisation d'une batterie d'"indicateurs" permettant d'évaluer l'état du milieu, terrestre et marin.

Ces indicateurs seront évalués à partir de l'utilisation combinée :

- de la vidéo remorquée,
- de prélèvements *in situ*,
- du traitement d'images satellites.

En mer, les indicateurs retenus sont :

- des paramètres de caractérisation de l'herbier de posidonie: la limite supérieure, le recouvrement, la densité, et dans la mesure du possible la limite inférieure,
- la présence d'espèces invasives,
- la macrofaune benthique.

6.3.8. INTERREG III A / PORIME sur les banquettes de posidonies

Ce programme « Corse-Sardaigne-Toscane » concerne la détermination de la quantité de litière produite annuellement par des herbiers de référence, et le taux d'exportation de cette litière. Il est piloté par le « Centro Polivalente di Educazione Ambientale » et plusieurs laboratoires italiens (régions Toscane Corse Sardaigne).

PORIME est l'acronyme de « Studio definitivo di fattibilita per il riutilizzo delle foglie spiaggiate di Posidonia oceanica », c'est à dire Etude définitive de faisabilité pour la réutilisation des feuilles échouées de *Posidonia oceanica* sur les plages.

6.3.9. Autres sites étudiés

- Des prélèvements d'échantillons de sédiments (en plongée) ont été réalisés par l'Université de Nice pour le SIVOM du littoral des Maures.
- Le COM a un programme de suivi pour étudier les pressions subies par les peuplements du tombant de coralligène des secteurs de la Pointe de la Fociane, digue de Fontvieille et site du Rocher Fort-Antoine.
- Un « Posidonium » a été installé en 1988 sur le site de la Palud par l'Université de Nice, avec - sur un hectare - des boutures en provenance de différentes régions méditerranéennes (un bilan de cette évolution a été effectué en 2006).
- Le programme « Récifs artificiels Prado » de Marseille progresse (maîtrise d'œuvre GIS Posidonies) et de nouveaux projets de récifs artificiels voient le jour à Banyuls et La Ciotat notamment.
- Une étude de la dynamique de colonisation des cavités observées de la contre-jetée du port de la Condamine à Monaco est en cours (Centre Océanologique de Marseille).
- La réserve de l'Archipel du Frioul est le site pilote pour l'extension du DPM.

6.4. Inventaire des compétences

Ces structures, inventoriées par M. Le Borgne (2004), sont des partenaires potentiels du REBENT Méditerranée.

6.4.1. Le Centre Océanologique de Marseille (COM)

Source : <http://www.com.univ-mrs.fr/DIMAR/>

Le laboratoire : « Diversité Biologique et Fonctionnement des Ecosystèmes Marins Côtiers » (DIMAR - UMR 6540 CNRS) du Centre d'Océanologie de Marseille (Aix-Marseille II) a pour principaux thèmes de recherche :

- Biodiversité et évolution ;
- Relations interspécifiques et fluctuations des peuplements : relations directes et indirectes entre espèces, proportions relatives des différentes populations ;
- Changements environnementaux et fonctionnement des écosystèmes : étude de l'accélération de ces changements et leur incidence sur les écosystèmes marins côtiers ;
- **Axe transversal** : valorisation des acquis scientifiques (aide à la gestion des milieux côtiers et conservation de la biodiversité marine). Recherches sur les indicateurs biologiques et les biomarqueurs de la qualité de l'environnement marin (mise en évidence, signification et validation), ainsi que sur la mise au point d'outils d'aide à la gestion des milieux côtiers.

6.4.2. Le GIS Posidonie

Source : <http://www.com.univ-mrs.fr/gisposi/>

Le « Groupement d'Intérêt Scientifique pour l'environnement marin, en particulier des posidonies » (Abréviation : GIS Posidonie) est une structure associative (loi 1901) regroupant notamment des Universitaires du Centre Océanologique de Marseille. Créé en 1982, le GIS établit des diagnostics du milieu marin basés sur l'étude des peuplements benthiques et les indicateurs biologiques associés. Il est consulté pour des expertises ou conseils en environnement par les collectivités (aménagement et gestion du littoral, impact des rejets urbains).

Le GIS Posidonie coordonne les systèmes de surveillance des herbiers à *Posidonia oceanica* aux niveaux régional (Réseau de Surveillance Posidonies de la région Provence Alpes-Côte d'Azur depuis 1984) et local (villes de Marseille, d'Hyères, de Cannes et de Vallauris-Golfe-Juan). Il a contribué avec l'Ifremer à plusieurs études et continue de travailler, en 2006, sur les sites Natura 2000 des Iles du Levant et de Porquerolles.

A travers son réseau de chercheurs et son équipe permanente, il a participé à la réflexion nationale menée dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau.

6.4.3. L'Equipe Ecosystèmes Littoraux (EqEL) de l'Université de Corse

Source : <http://www.univ-corse.fr/eqel/>.

Cette équipe s'intègre dans le Centre de Recherches « Biodiversité Insulaire Méditerranéenne » mis en place au sein de l'Institut de l'Environnement à l'Université de Corse. Les thèmes de recherches proposés s'inscrivent dans une problématique unique : l'étude des écosystèmes littoraux marins et lagunaires à base de magnoliophytes. Cette approche allie une recherche fondamentale, s'inscrivant dans des programmes de recherche internationaux, destinée à mieux appréhender le

fonctionnement des écosystèmes littoraux méditerranéens, et une recherche finalisée, permettant de développer des outils adaptés pour la protection et la valorisation du littoral insulaire, répondant ainsi aux besoins exprimés par la Collectivité Territoriale de Corse (CTC). Plusieurs actions seront menées par cette équipe :

- caractérisation du milieu : une cartographie des principaux peuplements et types de fonds a été initiée tant en milieu marin que lagunaire, par télédétection aéroportée et par sonar à balayage latéral ;
- fonctionnement des écosystèmes et des hydrosystèmes ;
- biomarqueurs et réseaux de surveillance.

6.4.4. Le Laboratoire Environnement Marin Littoral de Nice (LEML)

Source : <http://www.unice.fr/LEML/>

Outre les études fondamentales et appliquées sur *Caulerpa taxifolia* (et le suivi de son expansion), le LEML a pour thèmes de recherche :

- L'étude de l'impact de l'aménagement du littoral méditerranéen des côtes françaises (SE) et de Corse ;
- La cartographie des biocénoses marines de l'étage infralittoral en Méditerranée : herbiers de magnoliophytes marines (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*...).

6.4.5. Le laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer

Source : <http://www.obs-banyuls.fr/!/Index.htm>.

Ses principales thématiques de recherche concernent les interactions entre les organismes marins et les changements environnementaux, ainsi que le fonctionnement des écosystèmes benthiques et pélagiques.

Le laboratoire d'océanographie biologique travaille plus particulièrement sur les processus de production biologique à l'interface eau-sédiment (interaction M.O.P. – faune benthique), lui même composé de 4 thèmes : (i) déterminisme du recrutement des invertébrés benthiques ; (ii) bioénergétique du benthos littoral ; (iii) réponse du benthos aux épisodes de sédimentation et (iv) fonctionnement et adaptations des modèles symbiotiques à base chimiosynthétique.

Un bilan complet de l'activité de l'UMR 7621 détaille tous ces points.

6.4.6. L'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE) de Perpignan

Source : <http://www.univ-perp.fr/ephe/Fiches/pl.html>

L'EPHE, dont les compétences relèvent au départ surtout de la dynamique et de la génétique des populations (ichthyofaune), s'intéresse également aux Aires Marines Protégées (AMP) et aux récifs artificiels en tant qu'outil de gestion de la pêche artisanale. Elle a développé notamment :

- Un modèle de dynamique des populations sur une espèce de poissons d'intérêt commercial, le plus commun *Diplodus sargus*.
- des études sur l'effet Réserve sur différents peuplements (poissons et invertébrés) subissant des pressions anthropiques : les moules et les oursins. Les résultats mettent en évidence un effet Réserve à la fois sur les densités et les classes de taille ;
- un Système d'Information Géographique (SIG) sur l'ensemble de la côte rocheuse des Pyrénées Orientales (Massif des Albères) incluant la Réserve Naturelle de Cerbère-Banyuls et le site Natura 2000 « Posidonies de la côte des Albères » et correspondant à une zone atelier pour les études du laboratoire en Méditerranée. Une campagne de prospection multi-approches (sondeurs multi-faisceaux, sonar, photographies aériennes, transects en plongée) a permis de réaliser plusieurs cartes : une carte bathymétrique (résolution : 1 m) et une carte des substrats biotiques (trottoir à lithophyllum, herbier de posidonies et coralligène) et abiotiques (roche massive, éboulis, galets, etc.) (résolution : 5 m).

L'**IFRECOR** (Initiative Française pour les **RE**cifs **CO**ralliens) est une action nationale en faveur des récifs coralliens des collectivités de l'Outre-Mer, engagée en mars 1999 sur décision du Premier Ministre et piloté par l'EPHE. Les enjeux sont la protection et la gestion durable des récifs coralliens des collectivités d'Outre-Mer.

6.4.7. Le laboratoire Ifremer LER-PAC de La Seyne sur Mer

Source : <http://www.ifremer.fr/deltl>.

Le Laboratoire Environnement Ressources Provence Azur Corse est chargé de la rédaction de l'APS du REBENT Méditerranée et conduit, avec le GIS Posidonie, plusieurs études sur la cartographie des biocénoses benthiques.

On peut citer parmi les plus récentes :

- La campagne POSICART dans l'aire toulonnaise. Cette campagne, menée avec le GIS Posidonie, avait pour objectif de cartographier l'herbier à *Posidania oceanica* dans la région de Provence-Alpes-Côte d'Azur et d'intégrer cette cartographie dans une SIG. L'objectif de la mission POSICART 1 était d'acquérir, à partir d'images en sonar latéral, les données concernant les herbiers profonds (entre 15 et 35-40 m de profondeur) ;
- L'île Vert, Mugel et La Ciotat ;
- Les Calanques de Marseille à Cassis ;
- Le Cap Canaille et le Massif du Grand Cannel ;
- L'île du Levant et de Porquerolles (en cours).

Le laboratoire assure la coordination transfrontalier du programme INTERREG III B / Posidonie et la coordination national (pour la Corse) du programme INTERREG III A / Analyse Intégrée des Systèmes Côtiers.

En région PACA, le laboratoire a réalisé, en coopération avec le GIS Posidonie et le Centre d'Océanologie de Marseille, un Guide méthodologique de la cartographie des

biocénoses marines, pour lequel il a reçu un soutien de l'Agence de l'Eau RMC, de la DIREN et de la Région. Ce document, ainsi que des cartes de synthèse ont été mis en ligne sur le site du RLM, via celui du Réseau de Bassin RMC.

6.4.8. Le laboratoire Ifremer LER-LR de Sète

Source : <http://www.ifremer.fr/delst/>

Le Laboratoire Environnement Ressources Languedoc Roussillon est spécialisé dans :

- L'écologie benthique lagunaire et l'élaboration d'indicateurs d'eutrophisation ;
- l'impact des dragages ;
- la détermination et la localisation des espèces algales introduites ou invasives (*Caulerpa taxifolia*, *Valonia aegagropila*, *Sargassum muticum*, *Undaria pinnatifida*) ;
- la participation au chantier "PNEC Lagunes" ;

Par ailleurs, dans le cadre du programme de Recherche sur les Systèmes Côtiers et Lagunaires « SYSCOLAG » (Contrat de plan Etat Région), ce Laboratoire est co-animateur, avec le Cepralmar (Conseil Régional Languedoc-Roussillon), du groupe de travail « Base de connaissances ».

6.4.9. La STARESO de Calvi

Source : <http://perso.wanadoo.fr/stareso/stareso.html>

La Station de Recherches Sous-Marines et Océanographiques (STARESO), basée à Calvi, SA appartenant anciennement à l'Université de Liège, entretient des relations suivies avec plusieurs universités et de nombreux chercheurs internationaux. Les thèmes de recherche poursuivis sont notamment :

- Etude de l'écosystème « herbier à posidonie »: bilan des échanges herbier - communauté biologique - milieu physique ;
- Etude du benthos de substrat meuble (abondance, diversité) ;
- Etude de la dégradation des structures coquillères dans les écosystèmes méditerranéens.

La STARESO agit également en tant que bureau d'étude technique et cabinet conseil en matière d'étude d'impact en milieu marin auprès des organismes privés ou des collectivités. Les divers domaines recouvrent notamment la construction d'ouvrages maritimes (émissaire en mer, port de plaisance, mouillage forrain, ligne sous-marine,...), l'impact des rejets en mer (effluents domestiques, sédiments de dragage, déblais,...).

6.4.10. L'ADENA du Cap d'Adge

L'ADENA est l'Association de Défense de l'Environnement et de la Nature des pays d'Adge ; elle a pour mission de gérer et protéger la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas (<http://www.adena.bagnas.com>).

6.4.11. Les bureaux d'études

En Méditerranée, plusieurs bureaux d'études ou ingénieurs conseil travaillent dans le domaine benthique ; l'objet n'est pas ici de détailler leurs expériences et la liste de leurs prestations, mais s'ils sont actifs dans le domaine benthique. Citons, dans l'ordre alphabétique :

- CEGEL,
- CLABAUT
- CREOCEAN,
- EOL,
- GAUDRIOT,
- MESURIS,
- OCEANIDE
- SEMANTIC.

6.4.12. Bilan

Ces différents organismes de recherche dont les thématiques concernent les biocénoses benthiques sont relativement bien répartis sur la façade méditerranéenne (Figure 22).

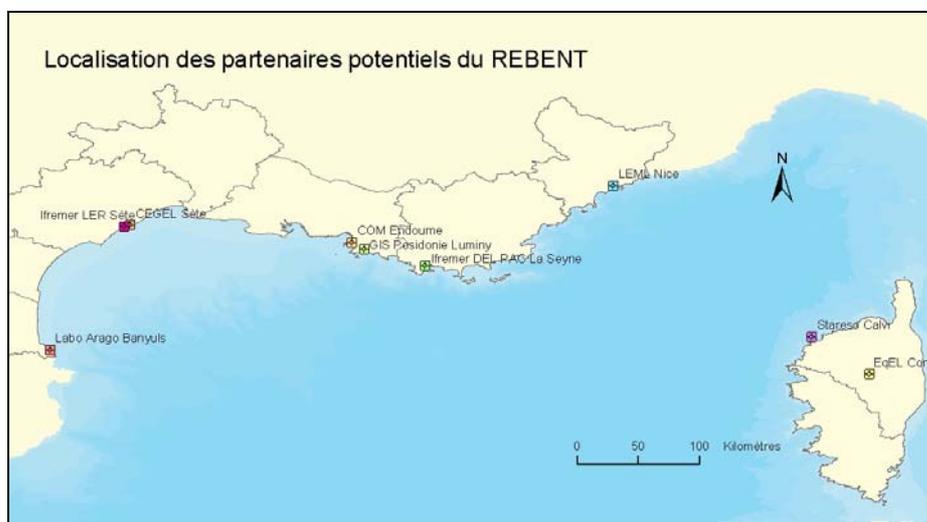


Figure 224 : Localisation des partenaires potentiels du REBENT

Ils ont des domaines d'intervention spécifiques ; certains travaillent essentiellement sur la cartographie des biocénoses, d'autres sur le fonctionnement des écosystèmes.

En ce qui concerne la cartographie des biocénoses benthiques, les trois principaux organismes producteurs de données sont le GIS Posidonie, le LEML de Nice et l'EqEL de l'Université de Corse, qui interviennent dans des secteurs géographiques différents,

surtout sur les régions PACA et Corse. Il semble que les côtes du Languedoc-Roussillon sont relativement moins bien couvertes. Concernant le fonctionnement des écosystèmes benthiques, le COM et le laboratoire ARAGO sont les principaux intervenants. D'autres structures réalisent localement des études d'impact. C'est le cas par exemple du CEGEL ou de la STARESO.

En Languedoc-Roussillon, les principaux organismes intervenants au niveau de la cartographie des biocénoses benthiques sont l'ADENA (Cap d'Adge), le laboratoire Ecosystèmes Aquatiques Tropicaux et Méditerranéens FRE EPHE-CNRS 2935 (Univ. de Perpignan) et OCEANIDE (Perpignan/Mont de Marsan). Leurs travaux portent sur les AMP (Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls, Réserve Naturelle du Bagnas, sur des sites Natura 2000 (Posidonie de la Côte des Albères, du Cap d'Adge, de la côte palavasienne), sur des ZNIEFF Mer. Plusieurs références bibliographies sont associées à ces études : Bonhomme et al. 2006, Dalias et al. 2006a, Dalias et al. 2006b, Dalias 2004, Galzin et al 2004, Lecchini et al. 2002, Lenfant 1999, 2000, 2003, 2005, Lenfant et Schrenim 2005, Lenfant et al. 2001, Licari et al 2004, Plane et al. 2000. Les moyens utilisés sont divers (plongées, photos aériennes, sondeur multifaisceaux, sonar). Les documents produits sont des documents d'objectifs, des rapports d'études d'impacts, etc.

A noter que les différents spécialistes rencontrés ont souhaité souligner le problème posé par la perte de compétences en matière d'identification des espèces. En effet la plupart des taxonomistes qui cessent leur activité ne sont pas remplacés.

7. La bancarisation et la synthèse cartographique

Un des points forts du REBENT Méditerranée est la mise à disposition de la communauté scientifique de la future banque de données *Quadrige²*, qui sera finalisée vers la fin de l'année 2007.

Ce paragraphe présente cette banque de données et passe aussi en revue les autres interfaces utilisables (Huguet, 2005).

7.1. Présentation en fonctionnement de la future banque de données « *Quadrige²* »

7.1.1. Organisation de « *Quadrige²* »

« *Quadrige²* » est une banque de données qui permettra de bancariser des données pluridisciplinaires (chimie, biologie) et, à terme, de prendre en compte les données spatialisées. C'est un projet Ifremer qui a débuté en mars 2004 et qui verra le jour fin 2007. « *Quadrige²* » va être le résultat d'une refonte majeure de la banque de données existante « *Quadrige* » qui, avec plus d'un million de données stockées, permet de saisir et valider les données des réseaux Ifremer.

La première version de *Quadrige* a été mise en service par l'Ifremer en 1996 et remise à jour grâce à un ensemble d'outils qui peuvent également permettre la construction de fichiers d'extractions à partir de nombreux critères ; elle regroupe les données des quatre principaux réseaux de surveillance de la qualité du milieu littoral, à savoir le REPHY (REseau de surveillance du PHYtoplancton et des phycotoxines), le REMI (REseau de contrôle MICrobiologique des zones de production conchylicoles), le RNO REseau National d'Observation de la qualité du milieu marin pour les contaminants chimiques, et l'IGA, Impact des Grands Aménagements, qui est le programme de suivi écologique de l'impact thermique des centres de production nucléaire d'électricité installés sur le littoral.

« *Quadrige²* » est conçu pour être un référentiel fédérateur pour les réseaux de surveillance de l'environnement littoral. Il contribuera à répondre aux engagements européens, ceux de la DCE ainsi que les cadres réglementaires en matière de contrôle sanitaire effectué dans les zones de production conchylicole.

Les objectifs de « *Quadrige²* », tels qu'ils ont été affichés dans le cahier des charges de janvier 2005 (« *Quadrige²* »/ CC/05-001-version 2.1) sont d'être :

- une base de données qui bancarise l'ensemble des données des réseaux de surveillance de l'environnement côtier de l'Ifremer et de certains de ses partenaires,
- un outil de saisie, de validation et de qualification de la donnée brute acquise,
- un outil de visualisation et d'extraction des données,
- un interface graphique (trait de côte,....).

Quadrige² a pour vocation :

- la mise à disposition de la donnée,
- l'extraction des données suivant des critères précis,
- la traçabilité des données utilisées,
- l'interprétation des données brutes bancarisées.

Par rapport à la version actuelle, « Quadrige² » répondra non seulement aux attentes du REBENT, mais aussi à celles d'autres réseaux comme le REMORA (REseau MOLLusques des Rendements Aquacoles) et le RSL (Réseau de Suivi Lagunaire).

Au niveau opérationnel, il comprendra :

- un outil de production d'indicateurs, notamment pour la DCE,
- un outil d'interprétation cartographique, en vue de créer de la donnée interprétée à partir de la donnée terrain,
- un outil de mise à disposition pour le grand public,
- un outil de création de bulletins, accessible par le net.

« Quadrige² » est donc conçu pour être un système d'information et de bancarisation, mais aussi de mise à disposition/valorisation via des outils élaborés, suivant un cahier des charges précis (métadonnées). Elle assurera en outre l'archivage avec des préoccupations de qualité, traçabilité, agrégation, interopérabilité et accessibilité.

Son organisation générale repose sur deux sous-ensembles :

- Le premier, qui est un lieu de stockage et de bancarisation de la donnée brute de référence
- Le second, qui stockera les données provenant du premier sous-ensemble, qui pourront être complétées par des données calculées. Ce sous-ensemble pourra, à terme, intégrer l'extracteur de données SEXTANT après validation et qualification des données.

A la différence de son prédécesseur, « Quadrige² » sera en effet associé avec d'autres bases de données déjà existantes comme MARBEN, SEXTANT, mais encore avec SURVAL et SISMER.

- **MARBEN** (version 2006 : 2.1), banque de donnée développé par l'IUEM (sur ACCESS) a été utilisé jusqu'à présent pour bancariser les données du REBENT Bretagne et figurera dans « Quadrige² »

- **SEXTANT** est une géodatabase, un service de donnée géo-référencées qui vise à mettre en commun les données avec le stockage, l'indexation et la diffusion des données.

SEXTANT est en connexion directe avec les outils SIG (Système d'Information Géographique) type ARCGIS.

Il stocke tous les types de données, les données brutes et les données modifiées (Figure 23).

L'utilisateur peut extraire l'information dont il a besoin dans le système de coordonnées (Lambert, UTM, etc..) et dans le format qu'il souhaite.

SEXTANT contiendra notamment le trait de côte et la bathymétrie du SHOM.

La version finale (5) est prévue pour mi-2007.



Figure 23 : Extrait de contenu du géocatalogue du serveur SEXTANT

- **SURVAL** est une interface cartographique. Le site Ifremer environnement "ENVLIT", permet l'accès aux données de la surveillance qui peuvent être visualisées sous forme graphique et téléchargées sur le site www.ifremer.fr/envlit/surveillance/telechargement.htm. On retrouve dans SURVAL les données issues de plusieurs programmes, et qui sont remises à jour tous les trimestres. Cet interface cartographique sera revu pour s'adapter à « Quadrige² ».

En plus de l'accessibilité aux résultats de la surveillance, SURVAL permet à l'utilisateur de connaître les coordonnées géographiques du point surveillé et de comparer les résultats directement avec la réglementation en vigueur. Avec son moteur de recherche, l'utilisateur peut affiner ses recherches selon la date et accéder aux autres réseaux de surveillance.

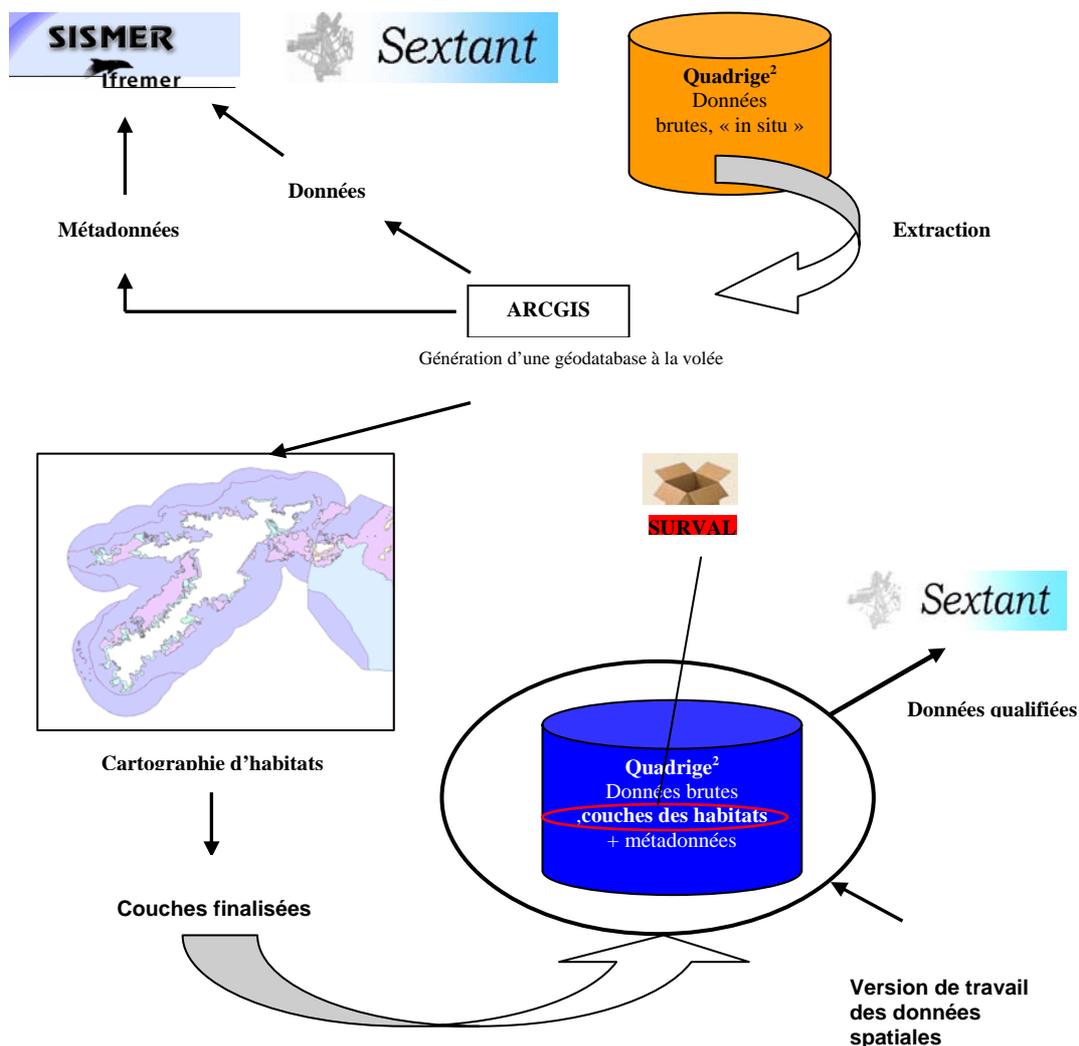
La version 2007 sera refondue afin de pouvoir diffuser tout type de carte.

- **SISMER** ou Système d'Informations Scientifiques pour la MER, est localisé au Centre National de Données Océanographique (CNDO), un service Ifremer qui contribue au système de gestion de données marines de plusieurs projets scientifiques au niveau national, européen et international ainsi que de l'information associée, disponible sur le site Internet www.ifremer.fr/sismer/.

De ce système, « Quadrige² » n'utilisera que les informations concernant :

- la gestion des campagnes à la mer (localisation et caractéristiques de la campagne)
- la gestion de l'archivage, notamment pour les données vidéo/acoustique du REBENT
- l'accès au référentiel SEXTANT

Toutes ces interfaces seront reliées entre elles, comme le présente le schéma ci-après :



ARCGIS est le logiciel utilisé par « Quadrigé² » ; cet outil SIG a été conçu pour pouvoir travailler sur une ou plusieurs données géographiques issues de satellite, de photographies aériennes, de sonar et autres. Ce logiciel va extraire et permettre à l'utilisateur de travailler sur les données brutes *in situ* .

7.1.2. Fonctionnement de « Quadrigé² » et référentiel taxonomique

La base de données « Quadrigé² » permettra de fournir à l'utilisateur le protocole ainsi que les résultats recherchés.

Il sera conçu de 6 interfaces, liées entre elles, qui vont renseigner l'utilisateur sur les moyens mis en œuvre pour :

1. administrer un programme
2. gérer un passage, c'est à dire donner les caractéristiques du point de prélèvement (lieu, observation, etc...)
3. gérer les prélèvements
4. gérer les échantillons

5. gérer les résultats
6. gérer les évènements (facultatif seulement si imprévus)

La figure 24 ci-dessous montre les interactions existantes entre les différentes interfaces (*surlignées en jaune*), ainsi que les indicateurs nécessaires pour retrouver l'information recherchée. L'utilisateur pourra aussi interroger cette base par différentes entrées comme le lieu, le référentiel taxonomique, etc...

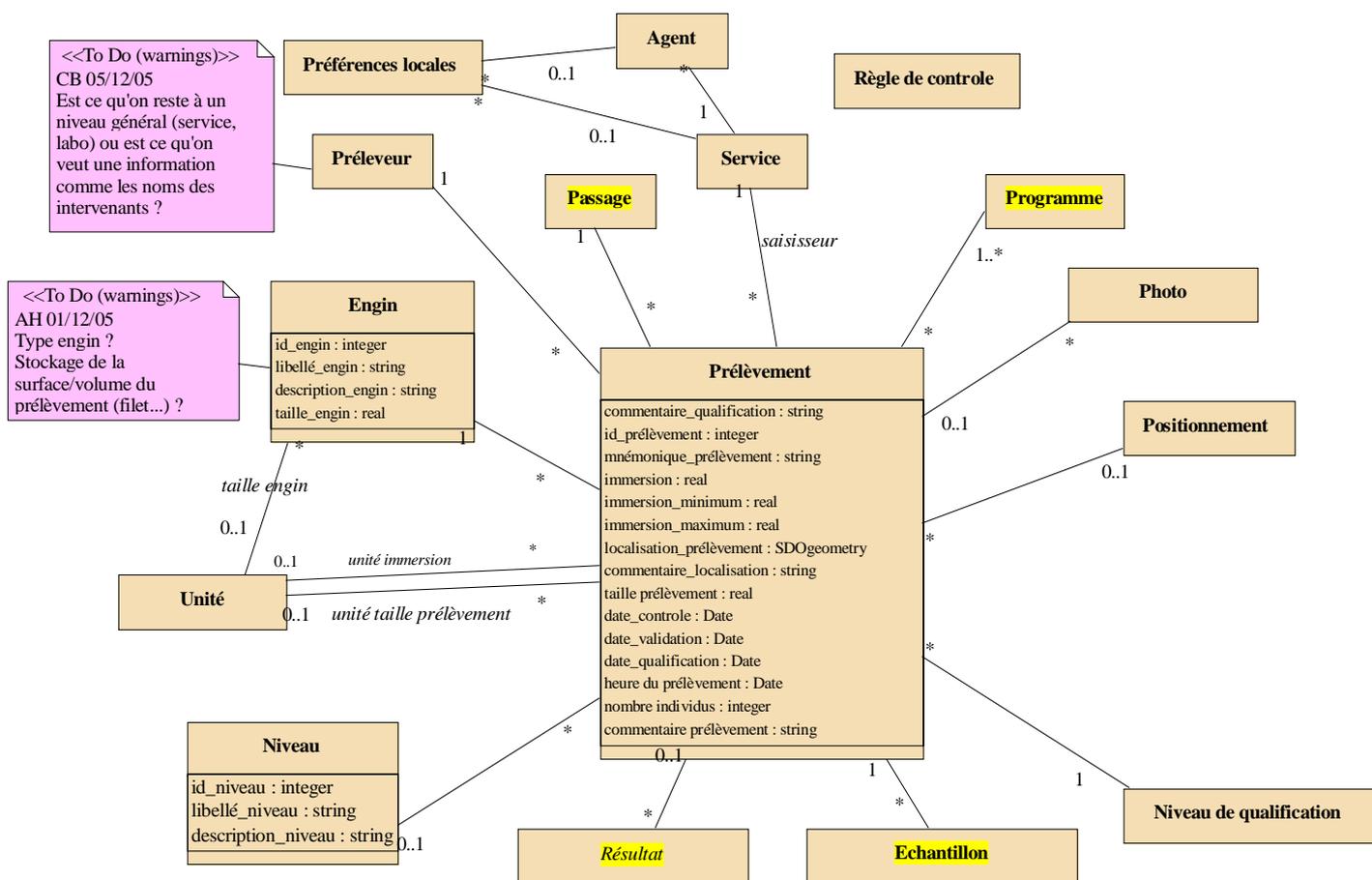


Figure 24 : Exemple de l'interface « gérer les prélèvements »

Le référentiel taxonomique, initialement mis en place pour la base Quadrigé², a vocation à être mis en œuvre pour l'ensemble des bases de données de l'Institut. Il a fait l'objet d'une harmonisation des codifications de taxons et d'une mise à jour des libellés selon une nomenclature conforme aux normes internationales, ainsi que d'une structuration s'appuyant sur une systématique récente. Le libellé (nom des taxons) valide est accompagné de ses synonymes les plus usités.

Le référentiel Ifremer s'appuie sur celui du Muséum National d'Histoire Naturelle REFTAX, qui s'appuie lui-même sur des référentiels en cours de construction au niveau européen ou mondial comme la classification des habitats EUNIS (cf. annexe 4).

Quadrigé² a pour vocation d'être le référentiel national pour les données des réseaux de surveillance de l'environnement littoral (MEDD) et a donc pour mission (i) d'assurer la

bancarisation, (ii) d'assurer la mise à disposition, (iii) d'être compatible avec le SANDRE, et (iv) de permettre l'interprétation des données élémentaires. Comme signalé dans le chapitre concernant la « caractérisation de la demande », cette banque sera interfacée avec le MEDBENTH.

Il est à noter que Quadrige² - en plus de données biologiques en général et benthiques en particulier - bancariserà des données géologiques, géophysiques (sondeur, sonar, MNT), des ortho-images, des données hydrologiques et biochimiques, des synthèses spatiales, des photographies et des vidéos.

Les spécifications fonctionnelles de la partie taxonomique ont été précisées (cf paragraphe suivant) à la demande de M. Emig (COM, Université de Marseille).

La classification des habitats EUNIS

La classification d'habitat du système d'information européen pour la nature ([EUNIS](#) European Nature Information System) est un système pan-européen, qui a été développé entre 1996 et 2001 par l'Agence Européenne d'Environnement (AEE) en collaboration avec des experts de dans l'ensemble de l'Europe. Elle couvre tous les types d'habitats normaux et artificiels, aquatiques et terrestres.

La classification des habitats EUNIS a été développée afin de faciliter l'harmonisation des descriptions et des collectes de données à travers l'Europe grâce à l'utilisation de critères d'identification. Ce système a été conçu pour relier et correspondre avec les autres grands systèmes de classification européens :

- Il renvoie à tous les types d'habitats utilisés dans la Directive Habitats de l'Union Européenne, par les états membres de l'UE et peut être utilisé comme référence pour l'extension de la Directive Habitats lors de l'adhésion d'autres pays à l'UE.
- Il est construit à partir des classifications des habitats, de la base de données de Natura 2000 : CORINE.
- Ce système contient et continuera à inclure les types d'habitats marins comme ils sont pris en compte avec le travail OSPARCOM.
- Ce système renvoie à la classification Corine Land Cover (référentiel d'occupation des sols), à certaines classifications régionales ou nationales et à d'autres systèmes.

A quoi sert EUNIS ?

- A obtenir une vue d'ensemble sur la répartition des habitats à l'échelle européenne
- A identifier et préciser l'importance et la répartition des habitats les plus menacés en Europe inclus, par exemple dans des listes rouges, nationales ou régionales
- A fournir des grandes divisions pour déterminer l'état et les tendances évolutives du milieu naturel utilisables par l'Agence Européenne de l'Environnement
- A permettre le développement du réseau Natura 2000 et une éventuelle révision de l'Annexe 1 de la Directive " Habitats " ainsi que le développement du réseau Emeraude du Conseil de l'Europe en partenariat avec le WWF
- A aider les autorités nationales responsables de l'environnement à replacer leurs habitats dans un contexte européen
- A fournir un système pratique de description et de suivi des habitats pour des inventaires nationaux, régionaux ou locaux et favoriser la gestion nécessitant des informations à la fois sur les sites et les espèces.

La **codification** utilisé dans Quadriges est un élément essentiel du référencement et assure l'identité informatique des taxons. Elle utilise un code à 4 lettres (pour le genre) et 7 lettres (dont 3 pour l'espèce ou 2 pour le niveau taxinomique et 5 pour l'identifiant résiduel). Des aménagements sont consentis en cas de redondance de code.

L'innovation par rapport aux codifications internationales existantes est, d'une part, le privilège fait à la consonance mnémotechnique, et, d'autre part, le parti de l'unicité du code de genre (généralisé à l'unicité des 4 premières lettres du code pour les taxons supérieurs).

Exemples de classification pour la sous classe des Copépodes :

Ordres	ORCALAN	Calanoïdes
Famille	FMACART	Acartiidae
	ACAR	<i>Acartia sp.</i>
	ACARBIF	<i>Acartia bifilosa</i>
	ACARCLA	<i>Acartia clausi</i>

L'annexe 4 fournit des précisions extraites du site <http://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp>

Le REBENT utilisera essentiellement le référentiel typologique issu de listes de références européennes EUNIS (EUropean Nature Information System) (<http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>).

Références :

www.ifremer.fr/envlit/surveillance/basesdonnees.htm
www.ifremer.fr/dtmsi/publications/posters/sismer/sismer.pdf
www.ifremer.fr/dtmsi/publications/posters/sismer/sextant.pdf
www.ifremer.fr/sismer/sismer.projets.htm
w3.ifremer.fr/surveillance/surval/
w3.ifremer.fr/csts/pdf/PDFBoulogne/annx17_taxinoDW.pdf

7.2. Synthèse cartographique

Une synthèse cartographique est en cours au laboratoire LER/PAC à la demande de l'Agence de l'Eau RM&C sur l'ensemble de la façade méditerranéenne. Elle consiste à constituer une carte générale reprenant les différentes cartographies de biocénoses réalisées à l'échelle de chacune des régions (Corse, PACA, Languedoc Roussillon) afin (i) d'avoir une référence validée de l'existant et (ii) de recenser les lacunes en terme d'emprise géographique et de biocénoses.

En effet, depuis une dizaine d'années, l'AERM&C a soutenu la réalisation de plusieurs cartographies benthiques en Méditerranée. Répondant à des objectifs variés, ces cartographies sont très diverses par leur emprise, méthode, mode de restitution.

Le travail actuellement en cours à l'Ifremer consiste à recenser les travaux cartographiques disponibles, à en effectuer une synthèse, consistant à harmoniser, numériser et mettre en forme la donnée dans un SIG à l'échelle de la façade méditerranéenne. Cette synthèse passe par une phase de bancarisation en une base de données contenant l'ensemble des données SIG.

Les différentes étapes de cette synthèse sont les suivantes :

- Evaluation des différents travaux cartographiques réalisés jusqu'à mi-2006 ;
- Réalisation d'une analyse critique des données ;
- Vectorisation des données papiers ;
- Bancarisation des données brutes acquises au sein d'un même outil ;
- Mise en place d'un Système d'Information Géographique à l'échelle de la façade pour le stockage des données SIG ;
- Cohérence de la bancarisation avec les différents systèmes d'informations du SDDE (Quadrige2) ;
- Adaptation de la bancarisation aux différents protocoles d'échanges de données.
- Mise à disposition des données (avec son fichier de métadonnées contenant les droits de diffusion).

En effet, le souhait exprimé par l'Agence de l'Eau RM&C est que l'ensemble des données produites - et dont elle est propriétaire - soit accessible directement par Internet, et plus particulièrement par l'intermédiaire d'un serveur cartographique (qui sera appelé MEDBENTH), sur lequel l'ensemble des données serait stockée, et par l'intermédiaire duquel il serait possible de télécharger ces données via une interface cartographique.

Afin d'assurer une homogénéité dans la structuration des données au sein du SIG, il a été décidé, avec l'Agence de l'Eau RM&C, de caler les données géoréférencées par rapport à un référentiel commun : le trait de côte du SHOM, à l'échelle du 1/50000 qui devrait être la base de données Quadrige².

Mi 2006, le travail de recueil des données (papier ou numériques) est terminé. Les cartes à numériser ont été scannées avec une résolution de 300 dpi, et enregistrés sous forme d'images au format TIFF non compressé. Une fois numérisée, la carte doit être placée dans un référentiel géographique absolu : la rectification géométrique consiste à passer de la géométrie d'acquisition de la carte à une géométrie choisie, avec

géoréférencement en latitude longitude, en utilisant le carroyage, comme base de travail, puis transformation dans un système de coordonnées projetées Lambert 2 étendu ou Lambert 3.

La version ARCGIS 9.1 a été utilisée. Parmi les détenteurs de données, les sources suivantes ont notamment été utilisées : Ville de Marseille et Communauté Urbaine de Marseille, DIREN PACA et DIREN Languedoc Roussillon, Office de l'Environnement Corse (OEC), SIVOM du Littoral des Maures, Parc National de Port Cros (PNPC), GIP des Calanques, Conseil Général 83, ONF.

Un projet .mxd sous Arcgis, a été créé pour cartographier les emprises et permettre une vision globale de l'ensemble des données ainsi listées (Figure 25).



Figure 25 : *Emprise des données cartographiées en Méditerranée*

Le fichier de métadonnées a aussi été finalisé. Un descriptif des données saisies a été établi avec le logiciel REPORT. Les fiches descriptives ont été converties au format PDF. Rappelons que les métadonnées se définissent comme les données décrivant une ressource. Il s'agit donc de toutes les informations recueillies et mises à disposition pour décrire une ressource, comme des informations régissant la géolocalisation et l'organisation, des informations de qualité relatives aux critères habituels : précision géométrique, temporelle...des informations de généalogie : description des sources et des processus appliqués aux sources.

Dans la mesure du possible toutes les données brutes SIG acquises sur le terrain vont suivre un protocole de standardisation afin de pouvoir intégrer le Système d'Information. Ce protocole a été élaboré de manière à homogénéiser les données tout en permettant de répondre à plusieurs principes incontournables dans tout travail de synthèse spatiale. Ces principes correspondent notamment à la conservation de

l'ensemble des informations contenues dans les données brutes (thématiques, source d'acquisition associées aux enregistrements, etc.), afin de permettre aux différents producteurs de données de retrouver leurs données telles qu'elles ont été acquises et de répondre aux protocoles d'interopérabilités entre les différents systèmes d'informations définis au niveau national notamment dans le cadre du SANDRE. Ce protocole a été interprété et pris en compte dans la création du SIG.

8. Les outils de cartographie et de surveillance appliqués à la surveillance benthique

8.1. Les photographies aériennes

8.1.1. Le satellite

Les images satellites dans le domaine optique offrent des possibilités intéressantes en matière de cartographie des biocénoses marines.

8.1.1.1. Caractéristiques et aptitude des données satellite

Du fait de l'échelle de travail et de la taille réduite des objets observés, seule l'imagerie satellite à haute résolution (HR) est utilisable pour la cartographie des biocénoses. Elle a été testée avec succès à partir de données de capteurs HR tels que SPOT ou LANDSAT, avec des résolutions entre 10 et 30 mètres. L'arrivée récente des données à très haute résolution (THR), avec des résolutions de 1 à 10 mètres, est prometteuse de progrès notables.

Les données satellites ne s'appliquent qu'à des zones de faible profondeur (20-30 m au maximum) du fait des limites de la pénétration dans l'eau de la lumière dans les domaines de longueur d'onde habituels de l'observation de la terre. On peut considérer, en eau claire (non turbide) que :

- le canal bleu permet de voir jusqu'à environ 25 à 30 mètres de fond
- le canal vert jusqu'à 15 à 20 mètres
- le canal rouge jusqu'à 5 à 7 mètres
- le canal proche infra rouge (PIR) quelques dizaines de centimètres.

Les divers capteurs HR et THR existants ont de ce fait des aptitudes variables pour la cartographie des biocénoses, en fonction des canaux disponibles. On peut par exemple citer :

- le capteur IKONOS qui s'avère être bien adapté du point de vue de la résolution (1 mètre) et du fait de la présence d'un canal bleu. Sa couverture géographique est par contre limitée à une zone de 11 x 11 km.
- le système THR de SPOT 5, qui ne possède pas de canal bleu, canal le plus utile, mais dispose de canaux vert et rouge, qui restent utilisables. L'atout de SPOT 5 est sa couverture géographique de 60x60 kilomètres pour une résolution malgré tout très bonne pour la thématique (2,5m).

La figure 26 montre un exemple de délimitation manuelle, par photo-interprétation visuelle, d'une surface d'herbier de la Côte Bleue entre Marseille et le Golfe de Fos. Pour des entités simples en eau peu profonde, les surfaces trouvées se sont avérées très comparables à celles calculées par la même méthode sur photos aériennes (différence inférieure à 1%).

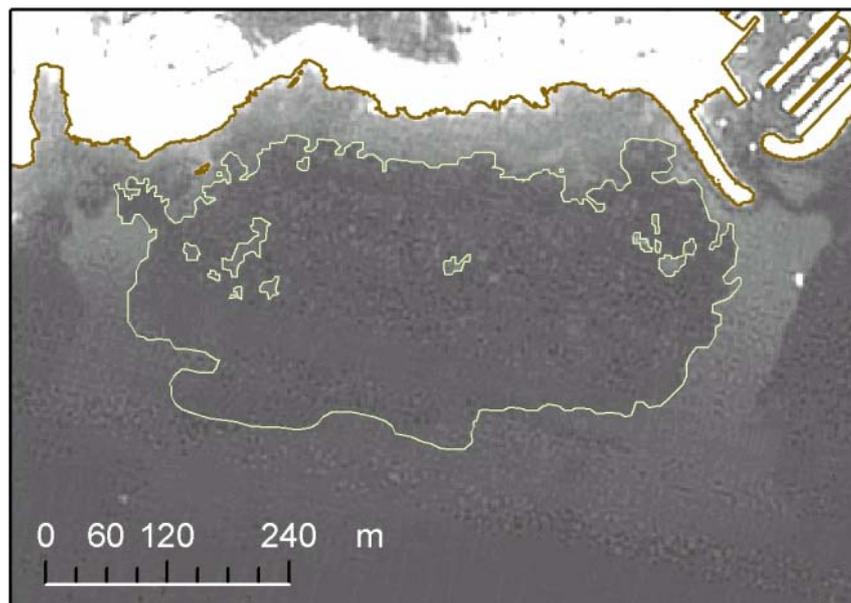


Figure 26 : Délimitation d'une surface d'herbier de posidonie sur l'image SPOT5 Panchromatique du 18/08/02

8.1.1.2. Intérêt des données satellites

Les données satellites ont un potentiel inférieur aux techniques classiques pour la cartographie des biocénoses. La limite de profondeur les rend moins aptes que le sonar latéral, très efficace, et la résolution reste moins bonne que celle de la photographie aérienne, bien qu'elle s'en approche depuis l'avènement de la THR. Elles ne peuvent donc pas remplacer les données classiques des campagnes d'observation mais leur sont au contraire complémentaires grâce à un atout très important : l'aspect multi-temporel, la possibilité de faire un suivi de l'évolution des herbiers par cartographie répétée. La régularité d'acquisition permise par les systèmes orbitaux d'observation de la Terre, le faible coût, la facilité de traitement et d'acquisition par rapport aux campagnes classiques laissent augurer de la possibilité de mises à jour des cartes et études d'évolution à intervalles de quelques années pour la frange côtière.

On pourra aussi noter que la Méditerranée, avec des eaux relativement peu turbides, se prête bien à l'utilisation de données satellites.

8.1.2. Les photographies aériennes par avion ou drone

La photographie aérienne met en œuvre un équipement spécialisé formant un tout avec l'avion qui le met en œuvre. L'échelle de restitution des clichés la mieux adaptée à l'étude des biocénoses marines est comprise entre le 1/5 000^{ème} et le 1/10 000^{ème} (pour obtenir une résolution au sol de 15 à 20 cm), en fonction des objectifs de la cartographie et des surfaces couvertes. Moyennant un recouvrement obligatoire de 60 %, un cliché offre une surface utile de l'ordre de 1 km². Une campagne de reconnaissance classique permet de couvrir de l'ordre de 400 km² par jour (en optimisant le temps de vol sur la base de 4 heures). Le traitement, et l'interprétation des clichés (vectorisation des

contours des différentes biocénoses) fait appel aux services d'un spécialiste en analyse spatiale pour restituer, sous forme de maquette de carte des biocénoses, l'information géographique numérisée. Celle-ci peut ensuite être intégrée au SIG. La durée de traitement des clichés est fonction de leur nombre (surface couverte) et de la complexité des fonds et de l'assemblage herbier/sable/roche/matte, en particulier. La topographie des fonds, la surface couverte par les faibles profondeurs, au dessus de 15 m, peut également influencer le temps de traitement des clichés.

Des essais de prises de vues ont aussi été testés par l'Ifremer à partir de ballon tracté à partir d'un zodiac et d'un drone.

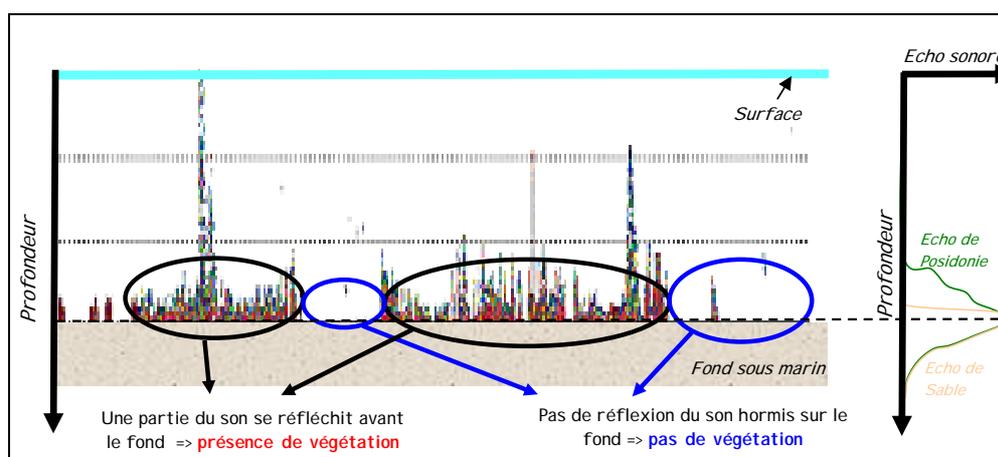
L'interprétation de photographies aériennes permet de localiser les limites des principales biocénoses marines littorales à faible profondeur (de 0 à 15 m de profondeur au maximum, selon la transparence de l'eau lors des prises de vues). Les biocénoses identifiables par traitement de photographies aériennes sont l'herbier à *Posidonia oceanica*, les peuplements photophiles sur roche, le sable et dans certaines conditions la matte morte de *P. oceanica*.

8.2. Les techniques acoustiques

8.2.1. Sondeur acoustique monofaisceau

Le sondeur acoustique monofaisceau peut émettre à deux fréquences séparées de plusieurs octaves (38 kHz et 200 kHz), ce qui est fondamental pour obtenir des informations de caractérisations (les différentes fréquences signant les phénomènes environnementaux en fonction de la taille de leur longueur d'onde).

La réponse acoustique du sondeur est différente selon que le son se réfléchit sur une zone couverte de végétation ou non, comme l'illustre la figure suivante :



La méthode de détection acoustique développée par la société Semantic TS situé à Sanary sur mer (83) exploite ce phénomène pour localiser les herbiers de posidonies. La méthode permet actuellement de bien distinguer les fonds de sable et de posidonies. Elle est à l'étude sur les mattes mortes et les roches.

Cette méthode permet aussi d'effectuer un levé bathymétrique simultané. Elle permet de calibrer les données prélevées et d'assurer un bon géoréférencement global.

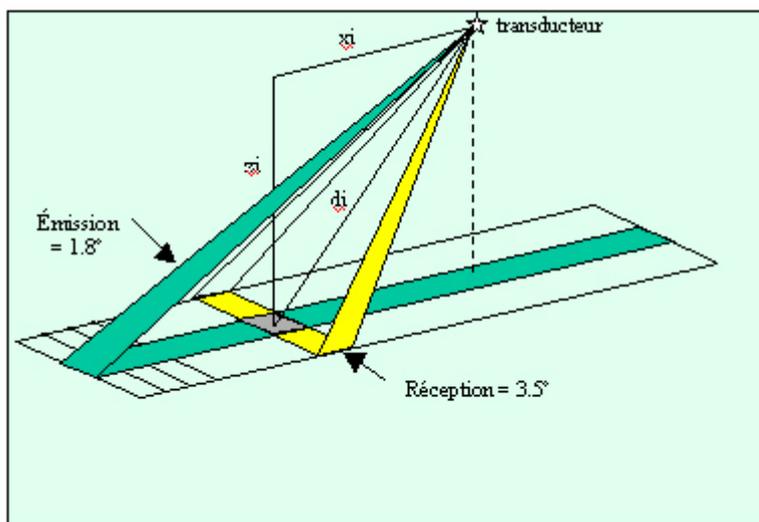
8.2.2. Sondeur multifaisceaux

Ces systèmes acoustiques (mis en œuvre par l'Ifremer notamment) permettent d'obtenir de manière précise et rapide : (i) des relevés topographiques du relief sous-marin (bathymétrie), (ii) des images sonar présentant la réflectivité locale du fond, et donc sa nature (imagerie).

Un sondeur multifaisceaux mesure simultanément la profondeur selon plusieurs directions, déterminées par les faisceaux de réception du système. Ces faisceaux forment une fauchée perpendiculaire à l'axe du navire. On explore ainsi le fond sur une large bande (de l'ordre de 5 à 7 fois la profondeur), avec une très grande résolution.

La plupart des sondeurs multifaisceaux fonctionnent selon la technique dite des faisceaux croisés. Une impulsion sonore est émise au travers d'un lobe d'émission étroit dans la direction longitudinale (de l'ordre de 1 à 5 degrés) et large transversalement (typiquement 150 degrés).

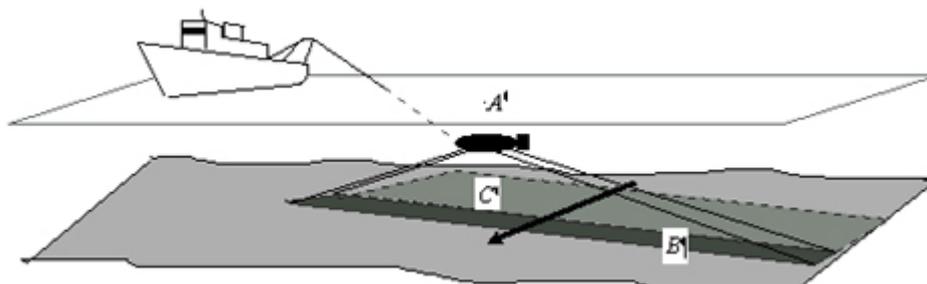
La réception se fait à l'aide de faisceaux étroits dans le plan transversal (de l'ordre de 1 à 5 degrés). Pour chaque faisceau de réception, la zone du fond explorée (" pastille insonifiée ") est l'intersection entre le lobe d'émission et le faisceau de réception.



8.2.3. Le sondeur latéral

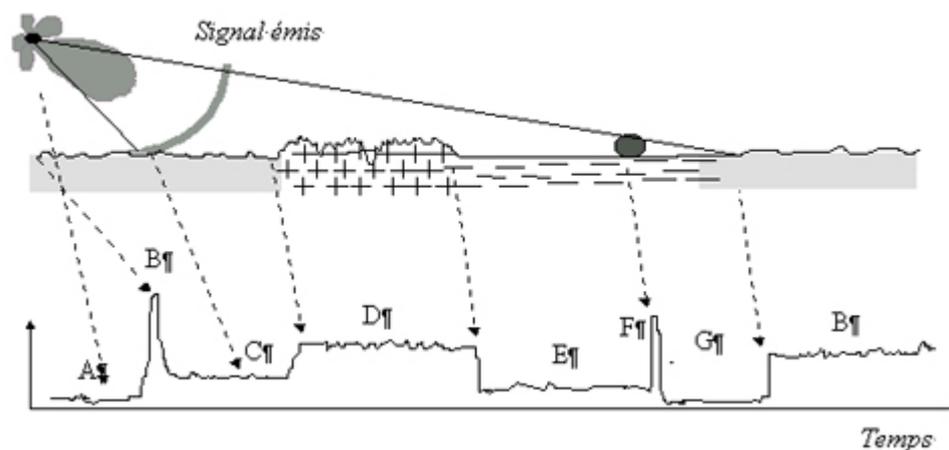
Le sonar latéral a pour fonction de constituer des images acoustiques détaillées des fonds marins. Le sonar à balayage latéral est un appareil émetteur-récepteur d'ondes ultrasonores qui, remorqué par un navire, permet d'obtenir une image acoustique détaillée, en deux dimensions, des fonds marins. Il répond au principe de fonctionnement suivant : un faisceau d'ondes sonores est émise du poisson remorqué, avec une incidence oblique, et intercepte le fond selon une fine bande s'évasant avec la distance. A l'intérieur de cette zone, le signal émis balaie progressivement la zone

couverte. Le signal acoustique, de fréquence ultrasonique, émis par les deux transducteurs logés dans le poisson remorqué, est alors réfléchi avec plus ou moins d'intensité ; l'écho recueilli, au cours du temps, est une représentation de la réflectivité de fond et surtout de la présence d'irrégularités ou d'obstacles. Ce signal, enregistré latéralement à la direction d'avancée du sonar (*side-scan sonar*) est juxtaposé aux signaux successifs déjà obtenus par le sonar pendant son avancée, constituant ainsi, ligne après ligne, une véritable "image acoustique du fond".



*Mise en œuvre d'un sonar latéral - A: poisson remorqué - B: surface insonifiée instantanée
C: surface couverte par les émissions précédentes*

Le système est basé sur l'utilisation d'antennes de géométrie rectangulaire très allongée, créant une directivité largement ouverte dans le plan vertical (plusieurs dizaines de degrés, pour insonifier largement en distance transversale tout en évitant la surface de la mer) et très étroite dans le plan horizontal (pour avoir un faisceau très résolvant, en général de l'ordre de 1° voire moins). De telles antennes sont installées de part et d'autre d'un "poisson" performant du point de vue hydrodynamique et remorqué près du fond, ce qui assure une bonne stabilité lors du déplacement et une faible rasance aux signaux émis.



Fonctionnement d'un sonar latéral - A: bruit et réverbération dans l'eau- B: premier écho de fond- C: zone de sable- D: roche- E: vase- F: écho de cible- G: ombre portée par la cible

Les fréquences employées sont en général élevées (typiquement de l'ordre de la centaine de kHz), ce qui assure les caractéristiques de directivité recherchées pour des antennes de taille raisonnable, et une bonne résolution en distance, de quelques centimètres. Les

portées sont de ce fait limitées à quelques centaines de mètres. Le traitement des signaux mis en œuvre est très simple dans le principe. Le plus souvent aucun traitement d'antenne n'est à effectuer, la géométrie des antennes suffisant à assurer les caractéristiques recherchées. La structure du récepteur est du même type que pour un sondeur.

Pour replacer les échantillons temporels de manière spatialement correcte, on doit donc appliquer une correction géométrique, qui se ramène à une simple relation trigonométrique si le fond est plat et horizontal. Lorsque ce n'est pas le cas, la réalisation d'une image correcte demande soit de faire des hypothèses simples *a priori* sur la topographie (fond plan en pente...) soit de compléter le relevé sonar par des mesures de bathymétrie.

Un effet très intéressant est celui de formation des "ombres" portées sur le fond. Un obstacle de dimension suffisante va intercepter une partie du secteur angulaire vertical émis, et donc interdire la rétrodiffusion par le fond au cours des instants normalement associés à ces angles; l'écho reçu va donc être de très faible niveau pendant une durée dépendant de l'angle de rasance et de la hauteur de l'objet masquant. Ceci va se traduire par l'apparition sur l'image sonar d'une "ombre" de forme correspondant à celle de l'objet, et dont l'analyse permettra une estimation de la taille et de la forme de ce dernier. Ce phénomène est d'un grand intérêt pour toutes les applications de recherche et d'identification d'objets posés sur le fond (mines et épaves), voire même pour l'évaluation de certaines échelles de relief du fond. (Extrait de "Acoustique sous-marine - Présentation et applications", Xavier Lurton, éditions Ifremer, 1998).

La connaissance de la position de la route suivie par le navire et, par conséquent celle du sonar, moyennant une correction en fonction de la longueur de câble filé, permet de situer sur fond de carte les informations thématiques relatives à l'herbier. Les sonogrammes sont assemblés en une mosaïque papier au 1 : 10 000^{ème} (sur plate-forme CARAIBES® IFREMER), géoréférencée et reportée sur un fond de carte SHOM.

A terre, les données sonar sont donc désarchivées, « nettoyées » et traitées numériquement pour validation / géo-référencement avec le logiciel CARAIBES de l'Ifremer, et restituées sous forme de carte de réflectivité acoustique à un format utilisable sous SIG.

Les données SONAR sont constituées de segments d'acquisition, c'est à dire des tronçons que les traitements, au final, devront recoller pour obtenir une carte de réflectivité acoustique couvrant l'ensemble de la zone d'intérêt.

Les bandes d'images ont subi un étalement de dynamique simple qui permet d'augmenter leur contraste et donc la visibilité des éléments identifiables dans le sonogramme (voir par exemple figure 27).

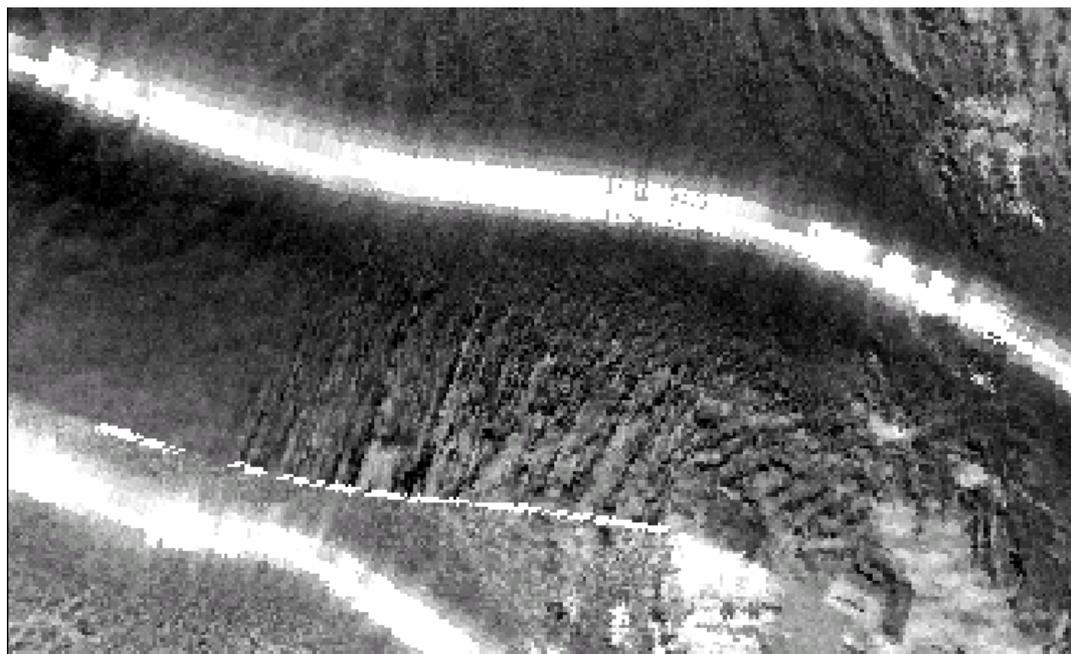


Figure 27 : Exemple de sonogramme

C'est une technique rapide pour caractériser la surface d'un herbier sur de vastes étendues, mais qui ne permet pas de distinguer des structures inférieures au mètre. Le sonar confond également les intermattes et l'herbier continu. Le recouvrement ne présente des différences significatives au niveau de la limite inférieure de l'herbier (un fort recouvrement avec le sonar correspond en fait à un recouvrement moyen en plongée). Le sonar permet en outre, de distinguer l'environnement général de l'herbier, à savoir le caractère meuble (vase, sable ou gravier) ou dur des fonds (roche), ainsi que certaines traces anthropiques (traces de mouillage, chalutage, etc.) ou des épaves. Une comparaison des avantages et limites du sonar latéral par rapport au multibeam géoréférencé est prévue.

8.3. La vidéo remorquée

La caméra remorquée est un outil intermédiaire entre le sonar et les plongées en scaphandre autonome. Elle est plus particulièrement utilisée pour des "vérités-terrain" lorsque de larges zones d'études sont à couvrir, ce qui permet, en outre, de limiter les investigations par plongée et de qualifier précisément les zones d'incertitude dans l'interprétation des sonogrammes. Lors des campagnes d'acquisition, les images sont visualisées à l'écran en temps réel, de façon à identifier et localiser les changements de faciès et tout autre élément caractéristique des fonds. Suite aux opérations maritimes, les images sont revisualisées et commentées pour obtenir une restitution cartographique par S.I.G. de chacun des trajets réalisés.

Le système MOBIDIC (Module d'Observation par Imagerie Digitalisée en zone Côtière) est mis en œuvre à partir d'une embarcation légère (semi-rigide ALCYON LER/PAC ou autres). Il est constitué d'un châssis tubulaire modulable recevant la caméra et le sondeur altimètre, relié avec la surface par un câble électro-porteur et coaxial. Sur le

bateau support en surface, une cabine d'observation est équipée, de 2 moniteurs LCD, d'un magnétoscope numérique DV Cam, et d'un PC portable, et permet le contrôle et l'enregistrement des images et des données associées. Lors de l'acquisition des images, le module sous marin est tracté en pendulaire à une vitesse variable comprise entre 0.5 et 1.5 nœuds selon la nature des fonds, les conditions de mer et le niveau de précisions de positionnement et de détails recherchés.

La chaîne d'acquisition Mobidic comprend les éléments suivants :

- Caméra Sony mono CCD super HAD 1/4 de pouce, sensibilité de 1 lux, diviseur de focale de 0.65, 70 ° d'angle de vue sous marine.
- Projecteurs HID 2X25 Watts (équivalent à 2X80 Watts halogènes),
- Ecrans LCD,
- Magnétoscope Sony DV Cam,
- PC portable sous logiciel d'exploitation windows XP,
- Logiciel Sony de commande à distance caméra,
- Câble ombilical de 100m. pour transferts des images en surface et alimentation pilotage de caméra et projecteurs.
- un convertisseur 12V DC/220 V.

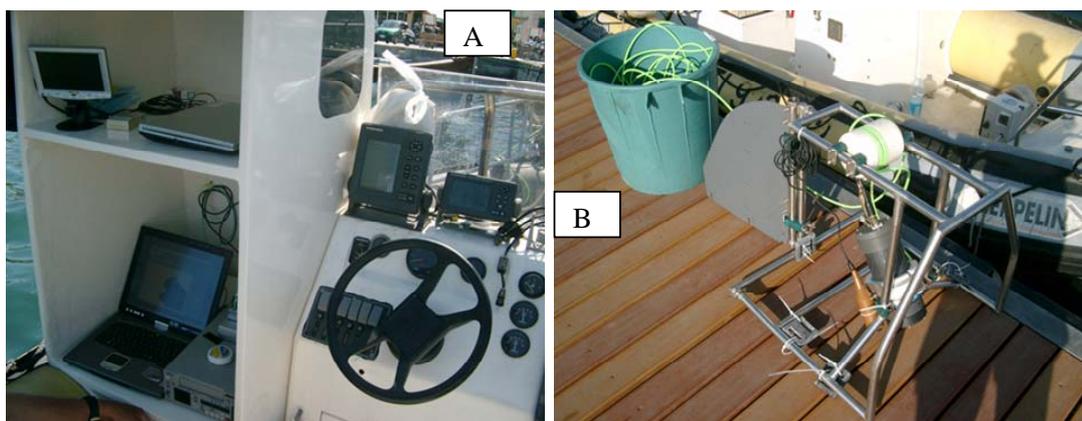


Figure 28 : Le système de vidéo-sous marine la chaîne d'acquisition d'images vidéo embarquée (A) la camera video et son support (B)

Le géoréférencement des données acquises est assuré par le logiciel « VIDEONAV », une interface de navigation pour l'acquisition des données GPS, vidéo, sondeur bord, altimètre caméra, time code vidéo.

VIDEONAV archive l'ensemble des données dans des fichiers informatiques de format .txt, qui seront complétés en post analyse de commentaires décrivant la nature des biocénoses rencontrées. L'altitude de la caméra enregistrée en continu est déterminante dans l'évaluation des paramètres de recouvrement des végétaux marins rencontrés.

L'évolution de ce système a conduit au développement d'un nouveau module, plus particulièrement axé vers des images haute définition, de type photographique.

Le PRISME L de l'Ifremer est composé de (i) un châssis en inox, (ii) une centrale d'imagerie optique avec appareil photo, éclairage et flash, (iii) une interface capteurs externes (compas, sondeur), (iv) un actionneur de propulseur, (v) un câble optique

électro-porteur et (vi) un moteur de rotation TILT, le tout pour un poids dans l'air de 48 Kg et de 15 Kg dans l'eau.

Le module d'imagerie, caméra crayon (Sony XC-555P) et appareil photo (Nikon D70, 7M de pixels) possèdent ainsi une mobilité de 0 à 90°. L'Anywhere USB/Ethernet est directement relié à la sortie USB de l'appareil photo ainsi qu'à celui de la caméra crayon. Le module (Digi International) a pour particularité de convertir l'USB en Ethernet. Le multiplexeur placé à l'arrière convertit Ethernet en fibre optique et les informations sont transmises par le câble électro-porteur jusqu'à la plateforme de surface. En surface, la fibre optique est convertie en deux RS232 (pour l'électronique des capteurs externes et l'altimètre) en en vidéo. L'utilisation de PRISME L avec sa caméra orientable permet aisément d'identifier des détails de l'ordre du cm² (1/16 de photo à 7 M de pixels).

L'intérêt de la photo par rapport à la vidéo est de pouvoir obtenir des photos statiques (différentes inclinaisons) et représente un bon complément à la vidéo tractée Mobicidic.

La mise en œuvre de ce type d'outil permet après post analyse en laboratoire :

- d'évaluer l'état général de l'herbier et son recouvrement sur l'ensemble des trajets effectués,
- de repérer les limites supérieures et inférieures d'implantation de l'herbier,
- d'identifier les diverses biocénoses de substrats meubles ou durs présentes sur les trajets parcourus,
- de repérer la présence et le recouvrement de l'algue *Caulerpa taxifolia* et la présence d'éléments divers de type macrodéchets anthropiques.

Le positionnement précis des zones photographiées est primordial pour l'élaboration du SIG. Le paragraphe qui suit lui est consacré.

Le département « Systèmes Sous-Marins » de l'Ifremer à La Seyne sur Mer est chargé des développements et du suivi des systèmes et méthodes d'intervention, de reconnaissance et de surveillance sous-marine à caractère opérationnel ou exploratoire. Il a investi dans des outils à terre et dans le domaine côtier pour qualifier les développements technologiques en optique et en acoustique en vue de leur qualification à la mer. Dans le cadre du Rebut Méditerranée, il peut plus particulièrement contribuer à définir les méthodes et les moyens de surveillance sous-marine en milieu côtier en proposant des stratégies d'usage des navires et des engins avec un objectif d'optimisation. Ce réseau pourra notamment s'appuyer sur un faisceau de moyens mobiles et fixes de surveillance composé de navires de différentes capacités et coûts comme « l'Europe », le « Thétis II », « l'Antédon II », le « GG IX », et en allant jusqu'aux Zodiac.

Le département Systèmes Sous-Marins peut aussi contribuer à effectuer, à partir des documents mis en référence et des réunions, une analyse préliminaire comparative des méthodes et outils candidats : engins acoustiques de bathymétrie et/ou d'imagerie, engins probablement à dominante optique avec quantification, des outils portables directement sur les navires ou par l'intermédiaire d'engins remorqués. La place croissante des AUV pourra y être aussi identifiée.

8.4. Positionnement

Le positionnement est un élément essentiel lors de l'acquisition des données car il conditionne directement la qualité de l'information qui sera cartographiée. En effet, il contribue à lui donner la meilleure précision géographique possible. Pour ce faire, l'instrument de type « GPS » (Global Positioning System) est couramment utilisé.

Il s'agit d'un système composé de satellites, mis en place par les Etats Unis, permettant d'acquérir en temps réel, à la fois la position, la vitesse de déplacement et le temps de référence précis, partout sur et aux environs immédiats de la Terre. La constellation satellitaire, constituée de 26 satellites, est répartie sur 6 orbites différentes pour optimiser la couverture de l'ensemble de la surface du globe. Chacun des 26 satellites radio diffuse un signal permettant de calculer instantanément la distance séparant le satellite du navigateur GPS. Le récepteur se trouve donc à l'intersection des différentes sphères ayant pour centre chacun des satellites « en vue » et pour rayon les distances calculées, ce qui peut être assimilé à un relèvement spatial.

Toutefois, afin de permettre la synchronisation correcte de l'horloge interne du récepteur avec le temps de référence GPS, l'usage simultané de 4 satellites est nécessaire pour un positionnement tridimensionnel. Avec moins de 3 satellites, tout positionnement devient impossible.

Toutes les données relevées sont géoréférencées et acquises en longitude-latitude dans le système géodésique WGS84. De ce fait, les données acquises, quelles que soient leur filière de provenance, sont repérées dans le référentiel géographique choisi dont les caractéristiques sont rigoureusement définies en termes de système géodésique, d'ellipsoïde de référence associée et, enfin de système de représentation ou de projection.

La projection de Lambert projette les coordonnées géographiques prises sur un cône tangent à un parallèle et dont le sommet est dans le prolongement de l'axe des pôles. La déformation est inférieure à 12 cm dans un couloir de 100 km autour du parallèle tangent. La France est divisée en quatre zones : la zone Lambert I (Nord), la zone Lambert II (Centre), la zone Lambert III (Sud) et la zone Lambert IV (Corse) mais globalement, le système est unifié autour de la projection Lambert II qui permet d'avoir tout le territoire métropolitain dans une seule projection.

GPS différentiel

L'idée fondamentale du dGPS est que deux récepteurs observant les mêmes satellites feront des erreurs de mesure d'autant plus semblables que ces récepteurs seront proches. En plaçant un récepteur dit de référence sur une position parfaitement connue, il est possible d'évaluer non pas cette position à partir des mesures qu'il effectue, mais la valeur théorique que devraient avoir ces mesures à partir de la position connue et de les comparer ensuite avec les mesures réelles. La différence de ces valeurs donne l'erreur

de mesure, qui va servir à corriger les erreurs de mesure des récepteurs placés sur des positions inconnues.

Sous sa forme la plus simple, le dGPS ramène la précision du GPS à quelques mètres et, sous sa version la plus sophistiquée, à quelques millimètres. Cette précision est largement fonction de la « pseudo-distance » entre les deux récepteurs, qui doit rester en dessous de 15 km environ.

D'autres systèmes sont en cours de développement notamment WAAS / EGNOS. Les résultats de corrections de positionnement montrent que 95% des erreurs horizontales sont inférieures à 2,5m et 95% des erreurs verticales sont inférieures à 4,5m.

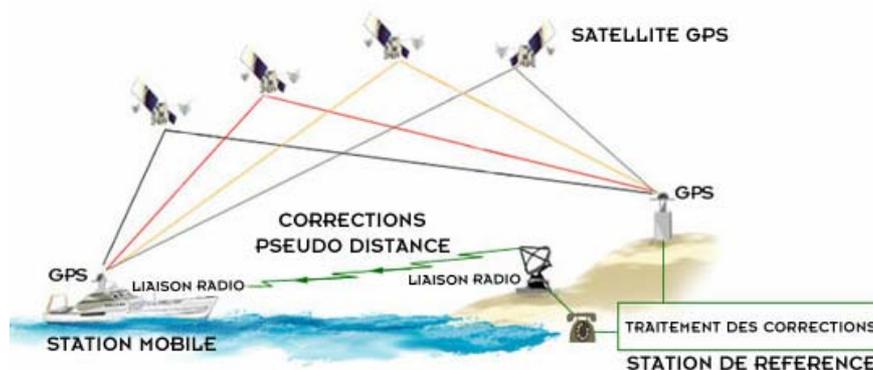


Figure 29 : Illustration du fonctionnement du GPS différentiel

8.5. Relevés en plongée

L'intervention en mer pour les vérités terrain nécessite généralement une équipe de 4 personnes (1 pilote chef opérateur hyperbare, deux scaphandriers en opération un scaphandrier secours), ainsi qu'une embarcation et la logistique afférente : véhicule, matériel de plongée et matériel de terrain (pour prélèvements ou photographies). L'organisation des opérations de plongée sous-marine est fonction de la surface couverte, des objectifs de la cartographie (simple cartographie ou inventaire de données relatives aux paramètres liés à la vitalité de l'herbier de posidonie par exemple), ainsi que la complexité du site. Par ailleurs, le nombre d'interventions en plongée, au titre des vérités-terrains, dépend de la qualité du traitement de l'information disponible en amont, c'est-à-dire les données existantes dans la littérature, les photographies aériennes, les sonogrammes et les données de vidéo remorquées.

La position du plongeur est effectuée au GPS. Des études sont en cours dans le cadre du programme Interreg IIIB / Posidonia pour étudier différents systèmes de positionnement, et en particulier pour avoir en temps réel la position du plongeur avec une précision de 20 cm (positionnement par rapport à trois bouées prépositionnées).

A titre d'exemple :

- L'état de vitalité de l'herbier de posidonie est effectué en plongée selon les méthodes mises au point par le GIS Posidonie et le Centre Océanologique de Marseille ; cette méthodologie est utilisée en routine dans le cadre du Réseau de Surveillance Posidonie (Charbonnel et al., 2001). En particulier : la typologie de l'herbier, les types de limites rencontrées, la densité des faisceaux (échantillonnage aléatoire de 30 quadrats de 0,04 m² 20*20 cm au sein de l'herbier), le recouvrement (30 points à 3m au-dessus du fond), le dénombrement des rhizomes plagiotropes au niveau des quadrats, la surface foliaire globale (feuilles adultes et intermédiaires), l'indice foliaire (surface foliaire globale * densité de l'herbier), le coefficient A (pourcentage d'apex cassés), le déchaussement, sont mesurés en plongée. Des radiales perpendiculaires à la côte sont généralement effectuées, de la limite inférieure de l'herbier vers sa limite supérieure, réparties sur l'ensemble de la zone étudiée.
- **L'état de vitalité des gorgones**, de corail rouge et d'*Axinelle* consiste à recenser une centaine de colonies de gorgones ; pour chaque colonie, trois paramètres sont mesurés en plongée : le taux de nécrose (selon des classes de pourcentage), la colonisation des axes dénudés par des organismes vivants (permettant l'estimation de la date de nécrose) et la classe de taille des colonies.
- **Les relevés des peuplements du médiolittoral** nécessitent des plongées pour apprécier les côtes d'abondance de *Cystoseira*, de *Lithophyllum*, de *Corallina*, de *Rissoella*, d'*Ulva*, d'*Enteromorpha*. Ces espèces sont relevées sur des secteurs de 50 m de long, afin de voir si la qualité du milieu reste stable, s'améliore ou se dégrade (pour être cartographiés, les peuplements du médiolittoral et de l'infralittoral doivent être bien développés ; la période de développement maximum, optimale pour réaliser la cartographie, se situe au printemps et au début de l'été).
- La situation et la sectorisation des **espèces protégées et des communautés remarquables** sont notées lors des plongées : la grande cigale *Scyllarides latus*, l'oursin diadème *Centrostephanus longispinus*, le corail noir *Gerardia savaglia*, le trottoir médiolittoral à *Lithophyllum byssoïdes* (anciennement *lichenoides*), les fonds coralligènes, etc...
- Ainsi que la présence d'**espèces invasives** : *Asparagopsis armata* (Rhodobiontes), *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa*.
- Les principales **entités paysagères** sont aussi prises en compte lors des plongées comme les éléments architecturaux (arches, tombants, voûtes), les petits fonds rocheux, les tombants de coralligène, les grottes sous-marines, la couleur, la visibilité, la présence d'espèces en nombre, etc. Le témoignage des clubs de plongée peut être aussi recueilli.

8.6. Prélèvements de macrofaune par dragage

La méthode utilisée dans le cadre des contrôles de surveillance de la DCE consiste à prélever du sédiment à l'aide d'une benne Van Veen en acier inoxydable (surface

prélevée de 0,1 m²). D'autres types de drague (drague Picard, Spatangue, etc.) peuvent être utilisées lorsque les Van Veen ne peuvent travailler correctement. Trois prélèvements sont réalisés pour chaque station, soit une surface totale échantillonnée de 0,3 m². Le sédiment fait l'objet d'un premier tamisage à bord (tamis en acier inoxydable de maille 1 mm). Le refus du tamis est ensuite transvasé dans un sac plastique dans lequel est ajouté un mélange de 50% de formaldéhyde en solution aqueuse à 37% et de 50% d'eau de mer. Une pincée de Rose Bengale est ajoutée à l'échantillon, de manière à colorer les animaux vivants et à faciliter le tri ultérieur.

Ultérieurement les animaux sont dénombrés et déterminés sous la loupe binoculaire. Pour chaque espèce sont calculées l'abondance et la biomasse. L'évaluation de la structure générale du peuplement est réalisée à partir du calcul de plusieurs indices : richesse spécifique, densité totale, indices de diversité (Shannon-Wiener, équitabilité). Cette évaluation est complétée par la caractérisation des grands types de peuplements (biocénoses) et des espèces indicatrices de perturbation.

La stratégie d'échantillonnage consiste donc, pour les eaux de transition :

- au niveau spatial, à identifier des stations centrales en nombre suffisant pour obtenir une bonne représentativité de l'état général de la lagune (de sa surface, du nombre de sous-bassins, de ses caractéristiques physiques). A chaque station centrale, trois « sous-stations » sont échantillonnées sur la base de 4 répliquats, portant la surface échantillonnée à 0,1 m² par sous-station, prélevé à la benne Eckman Birge et à donc 0,3 m² par station centrale ;
- au niveau temporel, le suivi de la macrofaune benthique sera effectué une fois tous les trois ans. Les populations d'invertébrés benthiques subissant de grosses variations saisonnières dans les lagunes, les prélèvements seront effectués de préférence avant les mortalités estivales (mois de juin).

Compte tenu de l'hétérogénéité granulométrique des sédiments en Méditerranée, les experts du groupe de travail DCE ont proposé d'effectuer un échantillonnage stratifié par grand type de communauté (4 types granulométriques) par station de référence (zone non perturbée). Ceci afin d'avoir une référence quelle que soit la nature de l'échantillon prélevé dans le cadre de la surveillance et ainsi de permettre une souplesse au niveau de l'échantillonnage (prélèvement sur le substrat dominant dans les masses d'eau suivies au titre du contrôle de surveillance). En effet, il est difficile d'échantillonner des stations de granulométrie similaire sur chaque façade. Notons, qu'indépendamment de la DCE, le laboratoire Arago effectue un suivi annuel à Banyuls de 4 stations correspondant chacune à un grand type de communauté (4 types granulométriques).

8.7. La production cartographique

La conception d'une carte répond à plusieurs spécifications :

- le format d'édition : il est d'usage d'utiliser le format A3 qui allie avantageusement à la fois précision et clarté de l'information avec le côté pratique de consultation (type atlas),
- l'échelle de restitution : l'échelle régionale du 1/25 000^{ème} est une échelle qualifiée de moyenne qui reste compatible avec les tailles, petites (anse, plage, etc.) ou grandes (secteur d'une commune, d'un département voir davantage), des zones d'herbier à cartographier. Cette échelle a une incidence directe sur la qualité (en terme de précision) de l'information restituée. En effet, elle implique une certaine généralisation de l'information de base (plus détaillée) ainsi qu'un certain « lissage » des erreurs géographiques relatives au positionnement et aux extrapolations thématiques effectuées,
- le dallage : compte tenu des paramètres précédents et en fonction de leur taille ou forme, les zones à cartographier peuvent parfois gagner à être découpées selon un dallage optimal. En outre, les dalles ainsi constituées doivent se recouvrir partiellement pour assurer la continuité de lecture de l'information. Aux limites des différentes feuilles, les correspondances avec les feuilles adjacentes peuvent être indiquées (par exemple, par leur numéro d'identification) ;
- la nomenclature : les paramètres retenus pour être cartographiés correspondent aux attentes des commanditaires. Ces paramètres se veulent être suffisamment représentatifs ;
- la charte graphique : compte tenu des paramètres retenus et de leurs types de représentation, deux types de cartes sont produites afin d'optimiser leur lisibilité : l'une descriptive et l'autre de synthèse. Une charte graphique simple, adaptée à la thématique considérée doit être adoptée pour assurer une lisibilité optimale.

La cartographie fait appel, avec l'appui de thématiciens, à des spécialistes en informatique, en système d'information géographique et en gestion de bases de données. La principale tâche consiste à intégrer et mixer l'ensemble des informations géographiques provenant des quatre filières de données et de les mettre en cohérence thématique (nomenclature commune), informatique (formats), géométrique (précision) et géographique (référentiel). Elle est complétée par une tâche de conception et d'édition des cartes, suivie, en fin de projet, d'une tâche de structuration, de sauvegarde et de reproduction (sur CD-ROM) de la base de données.

La production cartographique relève d'un processus composé de plusieurs étapes :

- report sur fond de carte unique (ou référentiel) des résultats d'interprétation des images ou observations issues des données existantes et des différentes filières d'acquisition. Cette étape constitue la phase de maquettage des futurs produits cartographiques,
- numérisation de l'information thématique ainsi élaborée. Cette opération s'effectue selon une procédure normalisée, notamment en ce qui concerne le référentiel et le système de projection géographique à choisir (EU 50, Lambert III),
- intégration des couches d'information obtenues dans un logiciel SIG (ArcView®).

L'échelle de restitution des cartes de synthèse sera fonction de la précision recherchée par le maître d'ouvrage et du format retenu : carte au 1/10 000^{ème} ou au 1/5 000^{ème}.

8.8. Les outils du futur pour la cartographie des biocénoses

Dans le cadre du Rebut Méditerranée, le département Systèmes Sous-Marine de l'Ifremer, chargé « des développements et du suivi des systèmes et méthodes d'intervention, de reconnaissance et de surveillance sous-marine à caractère opérationnel ou exploratoire », basé à Toulon, peut particulièrement contribuer à définir les méthodes et les moyens de surveillance sous-marine dans le milieu côtier en proposant des stratégies d'usage des navires et des engins avec un objectif d'optimisation. La réflexion s'appuiera sur un faisceau de moyens mobiles et fixes de surveillance composé de navires de différentes capacités et coûts comme l'Europe, le Thétis II, l'Antédon II, le GG IX, et en allant jusqu'aux Zodiac. Ces navires seront accompagnés d'une suite de moyens accessibles et complémentaires à définir de façon optimale en termes de coût/efficacité selon les échelles à surveiller.

A ce titre, le département Systèmes Sous Marins peut contribuer à effectuer une analyse préliminaire comparative des méthodes et outils candidats :

- pour les zones par des engins acoustiques de bathymétrie et/ou d'imagerie,
- pour les secteurs avec des engins probablement à dominante optique avec quantification,
- pour les stations avec des équipements fixes ou portables où la partie optique quantifiée sera également mise à contribution en complément des échantillonnages.

Parmi ces candidats figurent les outils portables directement sur les navires ou par l'intermédiaire d'engins remorqués ou encore en station qui pourront prétendre à une place significative en fonction de leur intérêt en termes de coût/efficacité dans leur mise en œuvre. La place croissante des AUV pourra y être aussi identifiée.

8.9. Tableaux comparatifs sur les outils de cartographie (et de surveillance) du benthos

Une première réflexion a eu lieu dans le cadre d'INTERREG IIIB / Posidonia. Elle est rassemblée dans deux tableaux ci-après, le premier élaboré par la Société « Semantic » (spécialisée sondeurs), et le deuxième par le LER-PAC, par l'équipe en charge de l'utilisation de la vidéo remorquée.

Il s'agit d'une première approche qui sera validée (en termes de performances et de séquence d'acquisition) à l'issue de ce projet, mi 2007. D'ores et déjà, des informations peuvent être consultées sur le site www.ifremer/posidonia/.

Tableau 17 : Comparatif des méthodes de caractérisation des herbiers : **rouge** peu performant **orange** performance moyenne **vert** très performant

Source : SEMANTIC

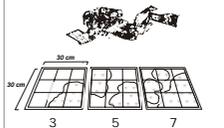
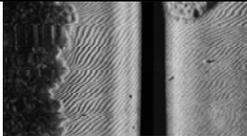
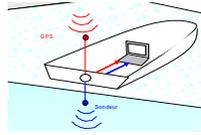
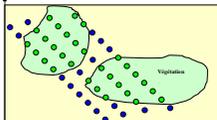
Méthodologie	Image	Coût	Couverture	Géo-référencement	Profondeur couverte	Détection	Vitalité	Turbidité
Plongeur		rouge	rouge	orange GPS sur bouée en surface	rouge Petits fonds seulement	vert	vert	vert
Photographies aériennes		vert	vert	vert	rouge Très petits fonds	orange Efficace uniquement pour la limite supérieure des herbiers	rouge	rouge
Méthode Laser								
Sonar latéral		orange	vert	orange Erreurs liées à la longueur de câble utilisée	orange Ne progresse pas par petit fond	orange Besoin de calibration	vert ?	vert
Caméra vidéo		rouge	rouge Nécessite une vitesse < 2 noeuds	orange Erreurs liées à la longueur de câble utilisée	orange	vert Nécessite néanmoins un contrôle très précis de l'immersion pour avoir une bonne résolution	vert Nécessite néanmoins un contrôle très précis de l'immersion pour avoir une bonne résolution	rouge
Détection acoustique verticale		vert	orange Mesure à l'aplomb du navire	vert	vert Tous	vert	vert ?	vert
Sonar latéral + Détection acoustique verticale		orange	vert	vert	vert Tous	vert	vert ?	vert

Tableau 18 : Grille d'analyse technique des missions PRISME (source Ifremer)

Thèmes d'études	Support surface	Type de terrain	Profondeurs limites de travail	Vitesse moyenne de remorquage	Visibilité	Précision géographique	Durée moyenne des profils	Capteur Vidéo * Intérêts : 0,1,2,3	Capteur photo * Intérêts : 0,1,2,3	Orientation caméra	Distance sujet/capteur	Niveau de détail	Engin préconisé
Biocénoses substrats meubles en Mer ouverte	Navire côtier de 6 à 30 m.	Divers plan	De - 5 à -200 m.	1 à 1.5 Noeuds	Moyenne (2 à 10m.) à faible (<1m.) en plaine alluviale	< 10 m.	60 minutes	3	1	Verticale ou semi verticale (30 °max/fond)	Dans la limite de la visibilité, et selon détails, de 2 à 10 m.	> 0.5 m	Caméra et appareil photo avec éclairage, remorqués
Biocénoses substrats durs	Navire côtier à faible tirant d'eau	Vertical, escarpé	De 0 à - 80 m.	0 à 0.5 Nœud (profils verticaux)	Bonne (>10 m.)	< 2 m.	20 minutes	1	3	Horizontale ou semi horizontale (> 45°/fond)	De 0.3 à 20 m.	Du cm au décimètre	Appareil photo haute définition avec éclairage, remorqué ou autonome
Biocénoses herbier de Posidonies	Navire côtier à faible tirant d'eau	Divers plan	De - 2 à - 40 m.	1 à 1.5 Nds	Bonne à moyenne (de 2 à 10 m.)	< 5 m.	30 minutes	3	1	Verticale ou semi verticale (<25°/fond)	De 3 à 10 m.	> 0.5 m.	Caméra remorquée
Biocénoses Roches coralligènes	Navire côtier de 12 à 30 m.	Localisé, faible relief	De - 10 à - 60 m.	0 à 0.5 Nd	Bonne à moyenne (de 2 à 10 m.)	< 5 m	20 minutes	1	3	Semi horizontale (de 70 à 40 °/fond)	De 0.3 à 10 m.	Du cm au décimètre	Caméra et appareil photo haute déf. avec éclairage, remorqués ou autonomes
<i>Biocénoses substrats meubles Lagunes</i>	<i>Embarcation légère faible tirant d'eau</i>	<i>Plan</i>	<i>De 0 à - 8 m.</i>	<i>0.5 à 1 Nd</i>	<i>Selon météo (vent, précipitations) Bonne à faible</i>	<i>< 2 m.</i>	<i>30 minutes</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>Verticale ou semi verticale (30 °max/fond)</i>	<i>De 0.3 à 5m.</i>	<i>De 1 cm à 5m</i>	<i>Caméra et appareil photo haute déf., remorqués</i>
REPERAGES SPECIFIQUES													
<i>Comptage et identification organismes benthiques</i>	<i>Selon la profondeur d'étude</i>	<i>Toutes biocénoses</i>	<i>Selon biosystèmes</i>	<i>Selon densités et tailles</i>	<i>Selon biocénoses</i>	<i>< 1m.</i>	<i>60 minutes</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>Selon biocénoses</i>	<i>De 0.3 à 2 m. selon tailles des organismes</i>	<i>< 10 cm.</i>	<i>Caméra et appareil photo haute def. avec éclairage, remorqués</i>
Repérage d'objets divers et macrodéchets	Selon la profondeur d'étude	Toutes biocénoses	De 0 à - 200 m.	De 1 à 1.5 Nds	Selon biocénoses	< 5 m.	60 minutes	3	1	Verticale	De 3 à 10 m. Selon tailles	≥ 10 cm	Caméra avec éclairage remorqués
Observation engin de pêche statique	Navire côtier de 12 à 30 m.	Sans objet	De -1 à -200 m.	0 à 0.3 Nd	Selon courant de fonds	< 1m.	< 180 min.	3	1	Horizontale (de 70 à 90 °/fond)	De 0 à infini	≥ 10 cm	Caméra avec éclairage, Remorqués (coupe orin sur bati)

Thèmes d'études	Support surface	Type de terrain	Profondeurs limites de travail	Vitesse moyenne de remorquage	Visibilité	Précision géographique	Durée moyenne des profils	Capteur Vidéo * Intérêts : 0,1,2,3	Capteur photo * Intérêts : 0,1,2,3	Orientation caméra	Distance sujet/capteur	Niveau de détail	Engin préconisé
STATION FIXE													
<i>Identification organismes benthiques</i>	<i>Selon la profondeur d'étude</i>	<i>Toutes biocénoses, hors herbier de Posidonie</i>	<i>Selon biosystèmes</i>	<i>Sans objet</i>	<i>Selon biocénoses</i>	<i>< 0.5m.</i>	<i>< 180 min. sur période de 12 à 24 H séquentiel automatisé</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>Verticale ou horizontale selon biocénoses</i>	<i>De 0.3 à 1 m.</i>	<i>< 10 cm.</i>	<i>Caméra et appareil photo haute déf. avec éclairage, fixes</i>
Observation biosystèmes pélagiques	Sans objet	Pleine eau	De - 5 à - 100 m.	Sans objet	Selon hydrodynamisme local	< 0.5m.	< 180 min. sur période de 12 à 24 H séquentiel automatisé	3	0	Horizontale ou semi horizontale (90 à 140°/fond)	De 0 à infini	≥ 10 cm	Caméra en station fixe
Observation engin de pêche statique	Sans objet	Sans objet	De -1 à -100 m.	Sans objet	Selon courant de fonds	< 0.5m..	< 180 min. sur période de 12 à 24 H séquentiel automatisé	3	1	Horizontale (de 70 à 100°/fond)	De 0 à infini	≥ 10 cm	Caméra en station fixe
Observation de la bioturbation du sédiment	Sans objet	Sédiments meubles	De -1 à - 100 m.	Sans objet	Moyenne à faible	< 0.5m.	< 180 min. sur période de 12 à 24 H séquentiel automatisé	3	1	Verticale à semi verticale (< 50°/fond)	De 0.3 à 2 m.	1 cm.	Caméra en station fixe. Avec appareillage spécifique

* *niveau d'intérêt* : 0 = peu d'intérêt, 1 = utile, 2 = très utile, 3 = indispensable

9. Conclusion

La stratégie affichée pour le REBENT Méditerranée et présentée dans cet avant projet sommaire est liée au caractère fédérateur de l'ensemble des composantes benthiques, dans un souci de circulation de la donnée, de mise à disposition, d'intégration des résultats de la surveillance et de la recherche, dans des applicatifs qui sont nombreux, soit liés aux cadres de gestion, soit à des thématiques ponctuelles, liées par exemple à des études d'impact ou à des recherches scientifiques du type « global change ».

Ne s'agissant pas d'un réseau *sensu stricto*, mais plutôt d'un « **référentiel benthique** », les approches emboîtées – zonale, sectorielle, stationnelle – n'ont pas été détaillées ici comme cela a été le cas pour l'APS breton. Elles ont été implicitement rappelées lors des différentes études menées à la demande des gestionnaires (dans le cadre de la DCE, de Natura 2000,...), qui ont des emprises différentes suivant les objectifs recherchés : surveillance de l'ensemble de la façade méditerranéenne, « zooms » plus précis sur des secteurs d'intérêt communautaire, études avant aménagements côtiers, recherches sur les outils de cartographie et de surveillance, optimisation des méthodes, études spécifiques sur une espèce ou une communauté, représentativité d'un groupe de stations pour caractériser un secteur (Interreg IIIA / AISC), etc...

La vue d'ensemble de la répartition des grandes unités d'habitats est en cours et devrait être finalisée fin 2006, dans le cadre de la convention liant l'Ifremer à l'Agence de l'eau RM&C (synthèse cartographique). Cette **approche zonale** de la façade méditerranéenne permettra d'avoir une vision holistique de l'existant. Le RSP mis en place en 1984 à l'initiative du Conseil Régional PACA, répondait déjà à cette approche. Il comptait déjà avec la réalisation de prises de vues aériennes (et leur traitement) et les vérités-terrain en plongée (à partir d'un réseau de balises). Les cartes de synthèse sont en effet devenues un outil indispensable de gestion du littoral, dans leurs aspects spatiaux et suivi temporel. Dès 1984, le GIS Posidonie présentait l'herbier de posidonie comme un intégrateur de qualité des eaux de l'ensemble de la Région, du fait de sa large répartition et sa sensibilité aux apports anthropiques. Le choix des 24 sites qui avait été dimensionné à l'époque le long du littoral PACA, dans son approche « zonale », tenait compte de critères géomorphologiques et anthropiques. Le RSP Corse, mis en place de 2004 à 2006 le long des 1000 km de côtes, a lui aussi suivi la même approche.

L'évolution spatiale des habitats et des peuplements, consistant à mieux comprendre les facteurs qui régissent leur distribution, sur des zones de dimension restreinte (les Calanques, les Iles de Porquerolles et du Levant, etc...), dans un souci de surveillance de la biodiversité, de la structure et du fonctionnement des écosystèmes, fait l'objet de **l'approche sectorielle** et a généré plusieurs rapports en Méditerranée, qui ont d'ailleurs servi à réaliser la synthèse cartographique. Elle est prise en compte depuis plusieurs années d'une manière assez structurée, en réponse à des objectifs de gestion émanant de l'Agence de l'Eau, du PNPC, des Régions, des conseils Généraux, de l'ONF, du GIP Calanques,

L'objectif général de **l'approche stationnelle** du REBENT est de « surveiller la biodiversité, la structure, la qualité et l'évolution des biocénoses benthiques pour aider à la prise de décision... ». Dans cette mosaïque d'habitats dans les quels se développent

des communautés faune-flore, eux mêmes régis par les forçages du milieu, il est nécessaire de cibler des biocénoses « témoin » (intérêt écologique ou patrimonial) en vue d'observer leur évolution et d'en appréhender leur origine. Cette approche a été prise en compte jusqu'à présent de manière aléatoire en Méditerranée (sauf pour le RSP où les stations balisées étaient revisitées tous les trois ans) et a été formalisée pour l'herbier de posidonie et le benthos de substrat meuble dans les eaux côtières, dans le cadre des contrôles de surveillance, et à terme, dans le cadre des contrôles opérationnels et des contrôles additionnels de la DCE (pas de temps de 6 ans, voire de 3 ans si nécessaire). Les macroalgues aussi sont prises en compte dans le cadre du contrôle de surveillance des eaux de transition et des contrôles opérationnels de l'ensemble des masses d'eau avec pas de temps de 6 ans, voire moins (se reporter à paragraphe 5.2. relatif à la protection des habitats et la DCE).

Dans le cadre des propositions d'adaptation du REBENT pour le contrôle de surveillance de la DCE présentée lors de la journée REBENT du 16 mai 2006, il a été suggéré d'alléger le REBENT Bretagne en terme de paramètres et de suivi saisonnier) pour le faire coller aux exigences de la DCE. Le REBENT Méditerranée suit cette même approche. Les habitats qui ne sont pas pris en compte par la DCE pourront faire l'objet d'études spécifiques dans le cadre des autres cadres de gestion, des réseaux de suivi ou des études finalisées menées par les chercheurs. C'est la raison pour laquelle également le REBENT Méditerranée a affiché une composante « évaluation de la qualité environnementale » (indices de vitalité des biocénoses), prise en compte dans le DCE ainsi que dans les pré-requis des gestionnaires (PNPC, GIP Calanques,...) dans le cadre de Natura 2000.

Tous ces points ont été présentés de manière structurée et argumentée dans l'APS, tout en laissant une large place au rappel des acquis en la matière.

A ce stade, il est important de rappeler que deux réflexions avaient eu lieu, qui ont servi à mettre en place cette stratégie : la définition des 50 zones homogènes dans le cadre du SDAGE RMC, et celles menées pour définir les masses d'eau DCE ainsi que la stratégie de la campagne DCE « état écologique » en Méditerranée d'avril 2006, deux actions effectuées à la demande de l'Agence de l'Eau RM&C notamment.

Ces réflexions, et les nombreuses actions menées en local par l'Ifremer, les Universités, le GIS Posidonie, les stations de Recherche et les bureaux d'études sur des sites ateliers ou des sites retenus dans des contextes réglementaires, ainsi que les contacts suivis avec les gestionnaires maîtres d'œuvre - dont l'Agence de l'Eau, les Régions, les Conseils Généraux, le Parc National de Port Cros, les administrations décentralisées – ont fait évoluer la notion de Réseau Benthique. Celui-ci se justifiait notamment avant la mise en place de la DCE, mais a évolué vers le concept de Référentiel Benthique qui correspond davantage avec la demande.

Demande qui se traduit par une meilleure mise à disposition de la donnée, qu'elle soit brute (liste d'espèces) ou élaborée (cartographies), avec une plus grande communication entre les acteurs, les scientifiques entre eux (bancairisation, extraction de cartes) et entre les scientifiques et les gestionnaires, dans un souci d'adéquation avec la réglementation nationale et communautaire.

A l'échelle de la Méditerranée, beaucoup a été fait, mais beaucoup reste à faire pour connaître la répartition, les évolutions, la caractérisation du compartiment benthique.

Même si la préoccupation benthique en Méditerranée est une longue histoire, à cause de son herbier de posidonie, de ses coraux, de ses espèces remarquables, de sa biodiversité, de sa fragilité écologique, mais aussi de ses nombreux aménagements côtiers occasionnant un impact sur les communautés (sauf en Corse), des lacunes existent.

En effet, la totalité des secteurs méditerranéens n'a pas encore été couvert (cf. Fig. 25), le RSP Corse est en cours de mise en place (prévu pour fin 2006), les discussions sur le choix des indicateurs et des indices globalisés dans le cadre de la DCE est –mi 2006 – en pleine réflexion, les secteurs marins Natura 2000 n'ont pas été tous cartographiés, les parcs marins retenus dans ce cadre ne sont pas tous connus ; il reste encore énormément de travail à entreprendre pour apprécier les évolutions de ces communautés ou de ces espèces, soit à une échelle locale (aménagements côtiers, rejets urbains,...) soit à l'échelle de la Méditerranée (réchauffement climatique) et des priorités doivent être définies.

Les axes stratégiques du REBENT Méditerranée ont plus particulièrement été présentés aux paragraphes 2 (« Le REBENT Méditerranée, un référentiel fédérateur d'information et de compétences ») et au paragraphe 4 (« La caractérisation de la demande : les besoins finalisés en matière de connaissance et préservation des biocénoses benthiques et de mise à disposition de la donnée »).

Les objectifs du REBENT national - à savoir notamment l'établissement d'un état de référence des écosystèmes benthiques côtiers, la qualification du milieu et l'assurance d'une « veille benthique » pour détecter des évolutions à moyen et à long termes sur la biodiversité et l'évolution surfacique des habitats, suite à des apports chroniques ou accidentels - sont respectés dans toutes ses composantes : validation des données historiques, inventaires, cartographies, suivis sur la biodiversité, dans des visées à la fois institutionnelles (surveillance) et scientifiques (recherche). Ces objectifs ont pour point commun la compréhension *sensu lato* de l'origine des évolutions constatées et d'aider à la prise de décision en vue de rétablir la qualité de ces biocénoses.

Ces points ont été abordés lors de l'atelier de restitution du pilote Rebent Bretagne le 16 mai 2006. Le Rebent y était décrit comme un outil d'aide à la décision (par la DIREN), une base de connaissances de référence pour la GIZC, un élément clé dans les politiques sur les AMP, la prévention des risques, la DCE, Natura 2000, les divers plans et programmes de gestion environnementale.

En conclusion, le REBENT Méditerranée peut se caractériser comme multiforme et évolutif, mais toujours adapté à des contraintes réalistes qui sont celles de la Direction de l'Eau pour l'institutionnel (« obligations » de surveillance) et des approches scientifiques liées aux cadres de gestion, à des préoccupations environnementales locales (rejets, aménagements) ou plus globales (global change) pour le contexte scientifique. Multiforme à cause de la mosaïque d'habitats en présence et des biocénoses témoin qui ont été retenues ; évolutif à cause de son adaptation au gré des besoins exprimés par les gestionnaires et des priorités environnementales lorsqu'elles apparaissent (pollutions chroniques ou accidentelles).

Les priorités qui ont été définies dans cet APS sont celles de mi 2006, qui correspond à un tournant dans les exigences européennes et les approches intégrées de la surveillance avec la première campagne de la Directive Cadre Eau, mais pourront évoluer suivant les priorités qui pourront venir se greffer (plans de gestions divers, priorités en fonction d'évènements « extrêmes », exigences Natura 2000). Elles convergent toutes vers une évaluation des risques d'atteinte à la durabilité des ressources liée à l'anthropisation et à une (sur)exploitation des ressources.

Le REBENT Méditerranée n'a pas la vocation de répondre à tous ces besoins, mais à y contribuer au sein des autres structures mises en place notamment par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, qui définissent la « politique » benthos à l'échelle de la façade.

Table des figures

Figure 1 : Les réseaux de surveillance en Méditerranée à composante benthique (dont la DCE)	25
Figure 2 : Détermination des points de contrôles	26
Figure 3 : Paramètres utilisés pour appréhender l'état de santé d'un herbier à <i>Posidonia oceanica</i> et pourcentage d'utilisation (réponses de 25 institutions de recherche), critères mesurés et méthodes d'acquisition. 1) Giraud, 1979 ; 2) Blanc, 1956 ; 3) Pergent et al., 1995 ; 4) Panayotidis et al., 1981 ; 5) Pergent-Martini et al., 1999, et autres références non citées en bibliographie.....	44
Figure 4 : Sites littoraux proposés comme SIC	46
Figure 5 : Ceintures de macrophytes du médiolittoral inférieur et de l'infralittoral supérieur (photo. P. Bonhomme)	52
Figure 6 : Encorbellements à <i>Lithophyllum byssoides</i> . Anse du Canier. © P. Bonhomme	53
Figure 7 : Ceinture à <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i> (Chromobionte). Observation au Cap Canaille. ©P. Bonhomme.....	53
Figure 8 : <i>Corallina elongata</i> (Rhodobionte). ©M. Verlaque	54
Figure 9 : Herbier de posidonie. Ph : S. Ruitton.....	56
Figure 10 : Evolution de la répartition des espèces benthiques indicatrices de milieux pollués entre 1966 et 1997 (IARE d'après Bellan et al., 1999).	59
Figure 11 : Paysages de grottes sous-marines (Harmelin et al., 1996).....	61
Figure 12 : Schéma d'un bloc de coralligène (d'après Laubier, 1966) : C : Algues Corallinacées, C.R. : Corail rouge	63
Figure 13 : ancrage sur le coralligène	64
Figure 14 : Nécrose sur une colonie de <i>Paramuricea clavata</i>	64
Figure 15 : Exemple de localisation des principales stations de suivi des gorgones dans l'archipel de Riou.....	65
Figure 16 : <i>Caulerpa racemosa</i> © J.M. Cottalorda.....	69
Figure 17 : Tombant recouvert d' <i>Asparagopsis armata</i>	70
Figure 18 : Paysage sous-marin : un surplomb	71
Figure 19 : Les points de suivi du RSP et du RSG en PACA.....	75
Figure 20 : Tombant de gorgones rouges <i>Paramuricea clavata</i>	76
Figure 21 : Localisation de quelques sites suivis	79
Figure 22 : Localisation des partenaires potentiels du REBENT	88
Figure 23 : Extrait de contenu du géocatalogue du serveur SEXTANT.....	92
Figure 24 : Exemple de l'interface « gérer les prélèvements ».....	94
Figure 25 : Emprise des données cartographiées en Méditerranée.....	99
Figure 26 : Délimitation d'une surface d'herbier de posidonie sur l'image SPOT5 Panchromatique du 18/08/02.....	102
Figure 27 : Exemple de sonogramme	107
Figure 28 : Le système de vidéo-sous marine la chaîne d'acquisition d'images vidéo embarquée (A) la camera video et son support (B)	108
Figure 29 : Illustration du fonctionnement du GPS différentiel.....	111

Table des tableaux

Tableau 1 : Paramètres biologiques pour le suivi des herbiers de posidonies, comparaison des stratégies par pays.....	29
Tableau 2 : liste des paramètres utilisés pour le suivi des herbiers de posidonie pour les contrôles de surveillance	30
Tableau 3 : Masses d'eau côtières proposées au titre de contrôle de surveillance.....	33
Tableau 4 : Masses d'eau côtière retenues au titre du contrôle opérationnel.....	34
Tableau 5 : Masses d'eau de transition proposées au titre de contrôle de surveillance dans le district Rhône-côtier Méditerranée	34
Tableau 6 : Nombre de points de suivi identifiés par masse d'eau dans le contrôle de surveillance du district Corse	35
Tableau 7 * : Première approche des masses d'eau sélectionnées dans le cadre du contrôle opérationnel et principales perturbations identifiées au sein de district Rhône-Côtier Méditerranée.....	35
Tableau 8 : Première estimation du nombre de points de suivi par masse d'eau dans le cadre du contrôle opérationnel des lagunes corses (pour les macrophytes et la macrofaune benthique).....	36
Tableau 9 : Pour le paramètre herbier	36
Tableau 10 : Pour le paramètre macrophytes (lagunes)	36
Tableau 11 : Pour le paramètre invertébrés benthiques.....	36
Tableau 12. : Classification des sites par degré de pollution en fonction du Coefficient Biotique	41
Tableau 13 : Indice Benthix et état écologique	42
Tableau 14 : Croisement entre ZNIEFF-mer et zonages NATURA 2000.....	47
Tableau 15 : Ichtyofaune des fonds rocheux selon Harmelin et al., 1996.	67
Tableau 16 : Quelques espèces présentes ayant un statut légal de protection (par ordre chronologique de protection).....	68
Tableau 17 : Comparatif des méthodes de caractérisation des herbiers : rouge peu performant orange performance moyenne vert très performant	116
Tableau 18 : Grille d'analyse technique des missions PRISME (source Ifremer).....	117