

Stéphane Sartoretto
 Déborah Pithois
 Valérie Raimondino

RST/DOP/LER-PAC/09-03

Mai 2009

Préfiguration d'un nouveau Réseau de Surveillance Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur



©Ifremer (Eric Emery)

Faciès d'herbier sur roche

Convention AERM&C/Ifremer n° 2008-0435
Convention Conseil Régional PACA/Ifremer n°2007-04809



Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur

Préfiguration d'un nouveau Réseau de Surveillance Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Convention AERM&C/Ifremer n° 2008-0435

Convention Conseil Régional PACA/Ifremer n°2007-04809

Stéphane Sartoretto ⁽¹⁾

Déborah Pithois ⁽¹⁾

Valérie Raimondino ⁽²⁾

(1) **Ifremer**
Zone Portuaire de Brégaillon
BP 330
93507 La Seyne-sur-mer
Email : stephane.sartoretto@ifremer.fr
Tél : 04.91.30.49.73

(2) **Région Provence-Alpes-Côte d'Azur**
Service Mer, 27place Jules Guesde
13481 Marseille Cedex 20
Email : vraimondino@regionpaca.fr
Tél : 04.91.57.51.74

Remerciements : Nous tenons particulièrement à remercier la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse ainsi que l'ensemble des gestionnaires de milieu marin (français et européens) pour leur contribution dans le cadre de ce dossier. Nous apportons également nos remerciements aux équipes scientifiques (Centre d'Océanologie de Marseille, Université de Liège, Université de Perpignan) qui, par leur expérience, ont nourri la réflexion engagée sur la politique de surveillance des herbiers, tant au niveau des objectifs que de la méthodologie.

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : RST/DOP/LER-PAC/09-03		date de publication : Mai 2009
Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		nombre de pages : 80 p
Validé par : Bruno Andral		bibliographie : oui
Adresse électronique : Bruno.Andral@ifremer.fr		illustration(s) : non
langue du rapport : Français		
Titre de l'article : Préfiguration d'un nouveau Réseau de Surveillance Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur		
Contrat n° Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>		
Auteurs principaux :	Organisme / Direction / Service, laboratoire	
Stéphane Sartoretto Déborah Pithois Valérie Raimondino	LER/PAC Co-rédaction : Service Mer région Provence-Alpes-Côte d'Azur	
Encadrement(s) :		
Cadre de la recherche : Convention AERM&C/Ifremer n° 2008-0435 Convention Conseil Régional PACA/Ifremer n°2007-04809		
Destinataires :		
<ul style="list-style-type: none">- Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur- Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse		
Résumé		
<p>En 1984, un Réseau de Surveillance des herbiers de Posidonie a été mis en œuvre en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Durant 20 ans (1984-2003), ce réseau a suivi l'état et l'évolution des herbiers en limites supérieure et inférieure, au niveau de 33 sites répartis dans les Bouches-du-Rhône, le Var et les Alpes-Maritimes. Sur la base de sa méthodologie, d'autres suivis ont été initiés le long du littoral français mais également dans d'autres pays du pourtour méditerranéen. Parallèlement, de nouvelles mesures réglementaires, notamment au niveau européen (DCE), ont renforcé le dispositif de surveillance des herbiers.</p> <p>Dans ce cadre, l'Ifremer, en partenariat avec la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse a proposé de réaliser cette première expertise de l'organisation de la surveillance des herbiers de Posidonie le long du littoral de la région PACA. Cette analyse permettra de définir les modalités d'un réseau de surveillance des herbiers de Posidonie « nouvelle génération » répondant aux besoins scientifiques, aux contraintes réglementaires et aux attentes des gestionnaires, tout en prenant en considération les différentes réflexions menées à l'échelon régional, national et européen.</p>		
Mots-clés		
Réseau de Surveillance, <i>Posidonia oceanica</i> , Méditerranée, DCE, suivi des herbiers		
Words keys		
Monitoring network, <i>Posidonia oceanica</i> , Mediterranean sea, WFD		

Sommaire

Introduction.....	1
1. Stratégies de surveillance des herbiers de Posidonie en Méditerranée	4
1.1. La surveillance des herbiers de Posidonie le long du littoral français.....	4
1.1.1. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur	4
1.1.1.1. Le Réseau de Surveillance Posidonie (RSP PACA).....	4
1.1.1.2. Les autres suivis de l'herbier de Posidonie en région PACA	8
1.1.2. La région Corse	19
1.1.3. La Région Languedoc-Roussillon.....	21
1.2. Les autres pays méditerranéens	22
1.2.1. Réseau de surveillance Posidonie de Monaco	22
1.2.2. Réseau de surveillance Posidonie de la Ligurie (Italie)	22
1.2.3. Le Réseau de surveillance Posidonie de la Catalogne (Espagne).....	22
1.2.4. Les autres réseaux en Méditerranée.....	23
1.3. Le nouveau contexte réglementaire européen	25
1.3.1. Le Réseau Natura 2000	25
1.3.2. La Directive Cadre sur l'Eau.....	26
1.4. Conclusion.....	28
2. Analyse de 20 ans de suivi en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (RSP PACA)	29
2.1. Bilan des données disponibles.....	29
2.2. Evolution des herbiers de Posidonie	37
2.2.1. Limite inférieure	37
2.2.2. Limite supérieure	40
2.2.2.1. Dynamique de la limite supérieure	40
2.2.2.2. Evolution de la densité	40
2.3. Conclusion.....	43
3. Attentes des gestionnaires de milieu en matière d'organisation de la surveillance des herbiers de Posidonie.....	46
3.1. Avis des gestionnaires sur les suivis des herbiers de Posidonies mis en oeuvre	46
3.2. Attentes des gestionnaires pour l'optimisation de la surveillance des herbiers.....	49
4. Optimisation de l'organisation de la surveillance des herbiers de Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur	50
4.1. Organisation de la surveillance des herbiers en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.....	50
4.2. Série à long Terme (SLT) Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ..	52
4.2.1. Intérêt de la mise en place d'une Série à Long Terme (SLT).....	52
4.2.2. Les sites d'étude	53
4.2.3. Protocole méthodologique.....	58
4.2.3.1. Les descripteurs de l'état des herbiers de Posidonie.....	58
4.2.3.2. Choix des descripteurs appliqués à une Série à Long Terme Posidonie PACA	62
4.2.3.3. Les méthodes d'acquisition	63
Annexe n°1 : Liste des gestionnaires de milieu cont actés.....	78
Annexe n°2 : Questionnaire distribué aux gestionnaires de milieu marin	79

Introduction

En Méditerranée, l'herbier à *Posidonia oceanica* est considéré comme « l'écosystème-pivot » de la bande côtière (Boudouresque *et al.*, 2006). Il est présent dans l'ensemble du bassin méditerranéen à l'exception de quelques zones : proximité du détroit de Gibraltar, en Egypte à l'Est du delta du Nil, en Palestine, en Israël et au Liban (Conde Poyales, Por, 1978). Son rôle est essentiel dans le maintien des équilibres écologiques en zone littorale : production primaire considérable, production d'oxygène très élevée, premier pôle de biodiversité en Méditerranée, lieu de frayère et de nurserie (Bay, 1978 ; Pergent-Martini *et al.*, 1994 ; Boudouresque 2004). De plus, l'herbier de Posidonie joue un grand rôle dans le maintien des équilibres hydro-sédimentaires (Boudouresque et Meinesz, 1982). Compte tenu de son importance économique, l'herbier de Posidonie fait actuellement l'objet de mesures de protection directes ou indirectes, au niveau national, européen et international. La posidonie est ainsi protégée par :

- deux conventions internationales (Berne et Barcelone),
- la directive européenne « Habitats, Faune, Flore » (Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992),
- par deux décrets et un arrêté ministériel français (Décret n°111 NC du 20 janvier 1982, Décret n°89-694 du 20 novembre 1989 et arrêté du 19 juillet 1988).

Enfin, de nombreuses mesures indirectes contribuent également à la protection des herbiers : mise en place d'aires marines protégées, réglementation en matière de rejets polluants, contrôle des arts traînants, procédure d'études d'impact préalables aux projets d'aménagement en zone littorale.

Depuis une trentaine d'années, les herbiers de Posidonie ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques et programmes de suivi en Méditerranée, permettant de comprendre le fonctionnement de l'écosystème et de proposer des descripteurs de son état de santé (Pergent-Martini, 2005). En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, un Réseau de Surveillance Posidonie (RSP) a ainsi été mis en place à partir de 1984, afin de suivre l'évolution des herbiers du Golfe de Fos à la frontière italienne (évolution de leurs limites et de leur vitalité). Depuis cinq ans, de nouveaux travaux ont été engagés, portant à la fois sur la mise en place de nouveaux suivis, sur l'analyse des méthodes et la production d'un document synthétique concernant la connaissance et la préservation des herbiers de Posidonie.

1- Depuis 2000, un texte majeur structurant la politique de l'eau des Etats de l'Union européenne a été adopté : la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Cette nouvelle disposition réglementaire fixe comme objectif, l'atteinte du bon état écologique des eaux côtières. Pour évaluer cet état, plusieurs éléments biologiques (Biological Quality Element ou BQE) sont suivis au travers d'un réseau de contrôle de surveillance et d'un réseau de contrôle opérationnel : phytoplancton, angiospermes, macro-algues et invertébrés. Parmi ces BQE, la Posidonie a été retenue pour l'évaluation des masses d'eau côtières en Méditerranée. Dans ce cadre, la France a participé dès 2005 au travail d'intercalibration des méthodes de suivi entre les pays européens. En 2006, la première campagne du contrôle de surveillance a été réalisée,

prenant en compte à la fois les herbiers des régions Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse. Enfin, une campagne complémentaire a été menée en 2007 afin de préciser les conditions de références et la formulation de « l'Ecological Quality Ratio » (EQR), indice permettant la qualification de l'état des masses d'eau. Ces différentes données ont permis de proposer une première classification des masses d'eaux côtières méditerranéennes (Gobert *et al.*, 2008). En 2009, une nouvelle campagne d'acquisition de données est programmée. Elle concernera à la fois le contrôle de surveillance mais aussi la mise en œuvre du contrôle opérationnel. Une nouvelle phase concernant l'exercice d'intercalibration est également engagé à partir de 2008 pour une période de 4 ans.

2. En 2005, le programme Interreg IIIB « Posidonia » a été initié afin d'harmoniser les méthodes de suivi des herbiers. Ce programme a regroupé des partenaires français, italiens et espagnols : Ifremer, GIS Posidonie, ARPAL, CAR-ASP, ENEA, Université de Corse-EqEL, Région PACA et Université de Barcelone-Département d'Ecologie. Les groupes de travail réunissant des acteurs de recherche et des gestionnaires de milieu ont permis de :

- ↪ de comparer *in situ* différentes techniques de cartographie de l'herbier de Posidonie, d'en dégager les limites techniques et leur complémentarité et de proposer une nomenclature standardisée (Ifremer *et al.*, 2007a) ;
- ↪ d'élaborer les meilleures stratégies à adopter pour la surveillance des herbiers de Posidonie, selon les régions concernées (Ifremer *et al.*, 2007b) ;
- ↪ de définir les paramètres les plus pertinents dans le cadre de l'utilisation de la Posidonie comme bio-indicateur de la qualité du milieu (Ifremer *et al.*, 2007c).

3. Enfin, un premier ouvrage de synthèse, concernant la préservation et la gestion des herbiers de Posidonie, a été réalisé dans le cadre de l'accord RAMOGE (Boudouresque *et al.*, 2006). Cet ouvrage fait le point des connaissances sur la Posidonie et les herbiers de Posidonie et liste tous les impacts possibles sur cet écosystème, en proposant des préconisations de gestion.

A partir de ces différents travaux et des suivis des herbiers engagés depuis plusieurs années, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, en partenariat avec l'Ifremer ont souhaité répondre aux questions suivantes :

- 1- Les différents programmes de suivi permettent-ils aux décideurs de mettre en œuvre des mesures de gestion des herbiers de Posidonie ?
- 2- Les résultats obtenus ont-ils apporté les informations nécessaires à la compréhension de l'évolution de l'herbier ?
- 3- Les gestionnaires ont-ils accès à l'ensemble de l'information pour leur faciliter la mise en œuvre de politique de gestion des herbiers ?

Dans ce cadre, l'Ifremer, en partenariat avec la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, a proposé de réaliser la présente étude qui constitue une première expertise de l'organisation de la surveillance des



herbiers de Posidonie le long du littoral PACA et propose une nouvelle architecture tenant compte des interactions et de la complémentarité des différentes réflexions menées à l'échelon régional, national et européen. Pour cela, ce rapport présentera :

- Les principales stratégies de surveillance des herbiers de Posidonie en Méditerranée ;
- L'analyse des données issues des 20 années d'existence du Réseau de Surveillance Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (RSP PACA) ;
- L'avis des gestionnaires sur les résultats des suivis des herbiers à leur disposition et l'identification de leurs attentes et besoins.

Sur la base de ces résultats, une dernière partie présentera :

- ↻ Un schéma de l'organisation générale d'un nouveau Réseau de Surveillance Posidonie ;
- ↻ Les éléments techniques (méthodes de suivis, paramètres, plan d'échantillonnage, bancarisation des données) à mettre en œuvre.



1. Stratégies de surveillance des herbiers de Posidonie en Méditerranée

Les techniques utilisées par le Réseau de Surveillance Posidonie (RSP) PACA ont servi de base méthodologique pour la mise en place, depuis plusieurs années, de sites de surveillance des herbiers de Posidonie en France dans un cadre réglementaire ou d'une politique volontariste. De plus, Le RSP PACA est à l'origine d'autres initiatives de mise en œuvre de réseaux de surveillance dans différents pays du bassin méditerranéen. Cette première partie présente donc de façon synthétique les différentes stratégies de surveillance des herbiers de Posidonie en Méditerranée. Concernant le littoral français, pour chaque réseau et site de surveillance identifié sont notamment détaillés les maîtres d'ouvrage, les objectifs et le type de données acquises. Enfin, les nouvelles orientations réglementaires européennes conditionnant le suivi des herbiers sont exposées (Natura 2000, DCE).

1.1. La surveillance des herbiers de Posidonie le long du littoral français

Le long du littoral méditerranéen français de nombreux sites de surveillance des herbiers de Posidonie ont été mis en place durant ces 20 dernières années. Ces sites ont été mis en œuvre par des maîtres d'ouvrage différents, dans des contextes divers : réseau de surveillance structuré (avec retours périodiques), suivis réglementaires ponctuels de l'impact d'aménagements littoraux ou de rejets urbains sur les herbiers, suivi patrimonial,.... Pour chaque région (Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon et Corse), nous présentons ci-dessous les différentes initiatives prises en matière de surveillance des herbiers de Posidonie.

1.1.1. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur

1.1.1.1. Le Réseau de Surveillance Posidonie (RSP PACA)

↳ Objectifs et organisation du RSP PACA

Le Réseau de Surveillance Posidonies (RSP PACA) a été créé en 1984, et s'est poursuivi jusqu'en 2004. La mise en place de ce RSP poursuivait un double objectif :

- ↳ La surveillance à long terme de l'évolution de l'état des herbiers de Posidonie en tant que patrimoine naturel ;
- ↳ L'utilisation des herbiers comme indicateurs de la qualité globale du milieu marin.

Jusqu'en 2003, la maîtrise d'ouvrage a été assurée par le GIS Posidonie puis par la Région PACA en 2003 et 2004. Son financement a dans un premier temps été assuré par la Région PACA rejointe ensuite par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse.

Le GIS Posidonie puis le Bureau d'Etude EOL en étaient les opérateurs scientifiques et techniques, intervenant à la fois au niveau de la coordination des suivis, du travail de terrain et de la production des rapports annuels et de synthèse.

Enfin, la maîtrise d'œuvre du RSP était décentralisée au niveau de chaque département de la façade maritime :

☞ *Bouches-du-Rhône* : Cellule de la Qualité des Eaux Littorales (CQEL 13) du Service Maritime et GIS Posidonie ;

☞ *Var* : Cellule de la Qualité des Eaux Littorales (CQEL 83) de la Direction Départementale de l'Équipement du Var et GIS Posidonie ;

☞ *Alpes-Maritimes* : (i) Direction de l'Aménagement du Territoire Départemental et de l'Environnement (Section Mer) du Conseil Général 06 ; (ii) Laboratoire Environnement Marin Littoral de l'Université de Nice (LEML).

Chaque maître d'œuvre avait notamment pour rôle, d'assurer la reproductibilité et la validité du recueil des données de terrain et de fournir au coordinateur, le GIS Posidonie, tous les résultats des observations réalisées chaque année.

L'originalité de l'organisation du RSP PACA résidait donc dans la collaboration unique entre les élus et services des collectivités territoriales, les services de l'Etat et la communauté scientifique, pour la mise en place d'une stratégie de surveillance à long terme d'un écosystème marin littoral.

☞ Les sites du RSP PACA

En 1984, 24 sites de surveillance ont été choisis le long des 850 kilomètres de littoral de la région PACA. Ils ont été répartis à deux niveaux bathymétriques au sein des herbiers de Posidonie : la limite supérieure et la limite inférieure.

Le RSP PACA prenait en compte des stations dites « de référence », « sensibles » et « intermédiaires », définies à dire d'experts. Dans le premier groupe de stations, exempt *a priori* d'impacts humains, la situation supposée était celle d'un herbier stable ou en progression alors que dans les sites « sensibles », où l'impact de l'homme était supposé important, on pouvait s'attendre à une régression de l'herbier. Enfin, les sites « intermédiaires » subissant des impacts anthropiques faibles, devait comporter des herbiers stables dans leur ensemble mais susceptibles de progresser.

En 1994, neuf nouveaux sites ont été ajoutés, portant le nombre total de sites à 33 répartis de la manière suivante (Fig. 1) :

- 15 sites en limite supérieure,
- 18 sites en limite inférieure.

Le choix des sites s'est appuyé sur les synthèses cartographiques existantes à l'époque (Inventaires Permanents du Littoral (IPLI), fiches ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Floristique et Faunistique) mais également sur la connaissance du terrain par les services de l'Etat partenaires et la communauté scientifique. Leur répartition a taché de respecter une couverture spatiale homogène entre les différents départements et une distribution équitable entre zones sensibles, intermédiaires et de référence.

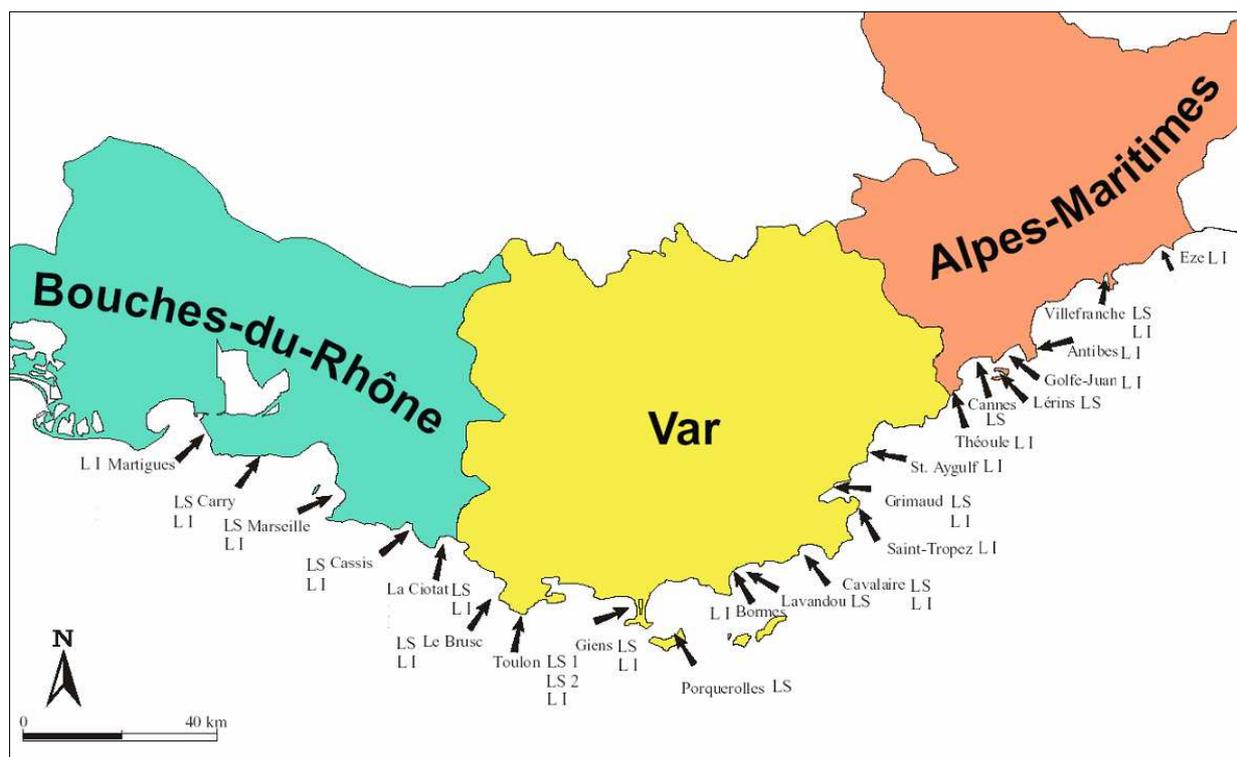


Figure 1. Localisation des 33 stations du Réseau de Surveillance Posidonie PACA suivies de 1994 à 2004 (d'après Charbonnel *et al.*, 2000). LI : limite inférieure ; LS : limite supérieure.

↳ Méthodologie et paramètres

Le Réseau de Surveillance Posidonie comportait deux grands volets techniques :

- le suivi de l'évolution de la position bathymétrique des limites supérieures et inférieures des herbiers,
- le suivi de leur vitalité (paramètres de base et paramètres complémentaires).

Mis en place en 1984, le Réseau de Surveillance Posidonie a bénéficié au cours du temps de l'évolution des connaissances scientifiques et de l'expérience acquise par les équipes de terrain durant sa période d'existence. De ce fait, une version du guide méthodologique a été éditée en 2000 (Charbonnel *et al.*, 2000), présentant les techniques de suivi mises en œuvre à cette période.

- *Suivi de la position de la limite supérieure*

L'évolution de la limite supérieure a été suivie à l'aide de deux protocoles : (i) la prise de vues aériennes selon un protocole standardisé complété par des campagnes de vérité-terrain (Lefèvre *et al.*, 1984 ; Sinnassamy *et al.*, 1991 ; Charbonnel *et al.*, 2000) ; (ii) la mise en place de balisages composés de 10 à 12 balises de type borne de géomètre « Faynot polyroc® », la prise de photographies sous-marines au niveau de chaque balise et les observations *in situ* permettant d'estimer l'évolution de la limite.

- *Suivi de la position de la limite inférieure*

La surveillance de l'herbier de Posidonie en limite inférieure a été réalisée au niveau d'un balisage permanent composé de balises en béton de forme tronconique (Meinez,

1977). Un protocole basé sur l'observation *in situ* de la limite par rapport au balisage et la réalisation de photographies standardisées (Charbonnel *et al.*, 2000) permettaient d'évaluer l'évolution de la limite inférieure de l'herbier de Posidonie.

- *Paramètres de vitalité*

A la mise en place du RSP PACA, le protocole méthodologique n'était pas uniformément appliqué dans l'ensemble des sites, chaque responsable scientifique souhaitant expérimenter et proposer une nouvelle méthode en fonction des contraintes locales. En mai 1998, une réunion technique regroupant les responsables et les opérateurs du RSP a permis de retenir un certain nombre de paramètres descripteurs communs de la vitalité de l'herbier. Deux catégories furent retenues :

A- Les paramètres de base : paramètres communs aux équipes des trois départements et utilisés aussi bien en limite inférieure que supérieure, dans les 33 sites suivis : *densité, déchaussement des rhizomes, pourcentage de rhizomes plagiotropes.*

B- Les paramètres complémentaires : paramètres utilisés par certaines équipes ou en cas de régression de l'herbier : *estimation du recouvrement de l'herbier, phénologie, lépidochronologie, degré de morcellement/confluence de l'herbier, granulométrie des sédiments.*

↳ Les acquis du RSP PACA

Compte tenu des faibles vitesses de croissance de *P. oceanica* (Caye, 1982 ; Molenaar, 1992), le suivi scientifique de chaque site a été effectué tous les 3 ans en moyenne, un cycle de trois années consécutives étant appelé « phase de suivi ». La chronologie de ces cycles a été la suivante (Boudouresque *et al.*, 2000 ; Boudouresque *et al.*, 2007) :

- 1984-1987 : sélection des sites, mise en place des balisages et état zéro ;
- 1988-1990 : premier retour sur site ;
- 1991-1993 : second retour sur site ;
- 1994-1996 : troisième retour sur site ;
- 1997-1999 : quatrième retour sur site ;
- 2000-2002 : cinquième retour sur site ;
- 2003-2005 : sixième retour sur site avec un changement d'opérateur technique en 2004.

En 2004, une dernière étude a été confiée au Bureau d'Etude EOL par la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur suite à un appel d'offres. Cette étude a permis de faire un point technique (remise en état des balisages et validation des coordonnées géographiques) sur l'ensemble des 33 points de suivis (EOL 2005a, 2005b, 2005c). Enfin, hormis le retour scientifique, les maîtres d'œuvre devaient organiser un retour chaque année pour assurer l'entretien et le nettoyage régulier des balisages.

Chaque année, un rapport d'activité a été édité, présentant les cartographies en limite supérieure réalisées et l'état des limites des herbiers de Posidonie, pour chacun des sites suivis, selon la programmation pluriannuelle choisie. L'ensemble des résultats acquis durant les 20 années de Réseau de Surveillance Posidonie PACA fait l'objet d'une analyse développée dans la deuxième partie de ce document.



Entre 1984 et 2002, la bancarisation des données brutes par les opérateurs techniques a évolué selon les phases de suivi, en fonction de l'évolution des outils informatiques et des équipes chargées du travail de terrain. Actuellement, l'ensemble de ces données est essentiellement disponible au GIS Posidonie sous des formats très hétéroclites : photocopies des notes de plongée, documents papiers, rapports de synthèse, photographies aériennes papiers, fichiers informatiques (tableurs et archives photographiques sous-marines).

1.1.1.2. Les autres suivis de l'herbier de Posidonie en région PACA

Depuis la mise en place du Réseau de Surveillance Posidonie en région PACA, de nombreux suivis des herbiers ont été engagés en s'appuyant en grande partie sur une méthodologie identique (Tab. 1). Ces suivis relèvent de démarches de type réseau (ensemble structuré de plusieurs sites de suivis localisés sur une large aire géographique, engagé par un maître d'ouvrage unique, faisant l'objet d'un suivi régulier selon un même protocole, d'une bancarisation centralisée) mais également de suivis ponctuels (dans le temps et l'espace), impliquant un retour sur site à intervalle plus ou moins régulier. L'essentiel de ces suivis concerne le département des Bouches-du-Rhône et plus particulièrement le secteur de la Côte Bleue à Cassis et découle soit d'une politique volontariste soit de contraintes réglementaires. En effet, *Posidonia oceanica* et les herbiers qu'elle constitue ont été protégés au niveau national par l'arrêté du 19 juillet 1988 et le décret du 20 septembre 1989), impliquant non seulement leur préservation mais également la réalisation d'études permettant d'évaluer l'impact de tout aménagement en zone côtière.

↳ Département des Bouches-du-Rhône

➤ Le Réseau du Service Maritime-CQEL 13 :

Le Service Maritime des Bouches-du-Rhône, partenaire du RSP PACA, a mis en place, parallèlement et de sa propre initiative, un réseau de surveillance sur la Côte Bleue. L'opérateur de terrain chargé des suivis est le GIS Posidonie qui a travaillé en étroite collaboration avec la CQEL 13 (Charbonnel & Bonhomme, 1998 ; Charbonnel, 2004).

Ce réseau comporte cinq sites équipés de balisages (trois en limite inférieure depuis 1985 et deux en limite supérieure depuis 1993). Comme dans le cas du RSP PACA, ces sites ont été répartis en 2 catégories en fonction de l'importance des impacts d'origine anthropique :

A- Stations dites « de référence » :

- Niolon-le Rove (limite inférieure).
- Sausset (limite inférieure).

B- Stations dites « intermédiaire » :

- Niolon-La Vesse (limite supérieure).
- Carro-Couronne (limite supérieure).
- Carro-Couronne (limite inférieure).

L'ensemble des sites de suivi est équipé de balisages de type RSP PACA (bornes de type « Faynot polyroc© » en limite supérieure et balises béton en limite inférieure). Les paramètres de vitalité de l'herbier sont suivis au niveau de ces balisages : densité



(nombre de faisceaux/m²), taux de recouvrement (exprimé en pourcentage), pourcentage de rhizomes plagiotropes, déchaussement des rhizomes (mesuré en centimètre).

La périodicité des retours varie d'un site à l'autre mais a été fixée à trois ans depuis 1993 (Tab. 1). Les données brutes ont été bancarisées sous format papier disponibles auprès du maître d'ouvrage, le Service Maritime des Bouches-du-Rhône. Un rapport de synthèse sur l'évolution des herbiers sur chacun des sites a été réalisé en 2004 par le maître d'œuvre, le GIS Posidonie (Charbonnel, 2004).

D'une manière générale, les résultats montrent que l'évolution des limites d'herbier n'est pas clairement corrélée à la classification des stations retenue initialement (« référence » et « intermédiaire »). En effet, si la limite inférieure du site de Niolon-Le Rove (associée à une très bonne vitalité) progresse de façon continue depuis 17 ans, celle de la station de Sausset est globalement stable et est associée à une vitalité moyenne. Parmi les sites « intermédiaires », les limites supérieures de Carro et de Niolon-La Vesse sont en progression et présentent une bonne vitalité alors que la limite inférieure de Carro-Couronne est globalement stable (avec une tendance à la progression) et est associée à une vitalité moyenne (densité normale mais faible recouvrement). On peut aussi penser que les critères qui ont conduit les partenaires de ce suivi à classer les différents sites (« référence » ou « intermédiaire ») ont pu évoluer au cours du temps.

➤ Les suivis du Parc Marin de la Côte Bleue :

Deux sites de suivi ont été mis en place en limite supérieure d'herbier à l'initiative du Parc Marin de la Côte Bleue, qui en a assuré lui-même le fonctionnement (acquisition des données et édition de rapports) :

- Le premier site localisé dans l'anse du Cap Rousset a été choisi pour suivre un des rares herbiers sub-affleurants du département des Bouches-du-Rhône. Ce site est situé près d'une plage fortement fréquentée en été. Mis en place en 1996 et il a fait l'objet de retours réguliers jusqu'en 2001 avant d'être abandonné, compte tenu de l'évolution et de l'état de vitalité dégradé de l'herbier en limite supérieure.
- Le second site concerne l'anse du Rouet. Ce site a été mis en place à la demande de la municipalité de Carry-le-Rouet (maître d'ouvrage), afin de suivre l'impact des aménagements littoraux prévus dans ce secteur (épis rocheux, restructuration du parking) (Maisonneuve & Daniel, 2001 ; Daniel *et al.*, 2003 ; Charbonnel *et al.*, 2006). Initié en 2002, il a fait l'objet de deux retours (2003 et 2006). Le Parc Marin a assuré ce suivi en tant que maître d'œuvre.

D'un point de vue méthodologique, le suivi de la limite supérieure de l'herbier de l'anse du Cap Rousset a été assuré à partir d'un balisage de type RSP PACA (borne de géomètre de type « Faynot polyroc® ») au niveau desquelles ont été réalisées des mesures de densité et des prélèvements de rhizomes (étude de phénologie). Les résultats montrent une tendance globale à la régression, notamment dans les zones d'herbier les plus proches de la surface. Cette régression peut être attribuée à l'impact de l'activité de baignade mais également à l'action des organismes broutant l'herbier (saupes, oursins).

Au niveau de la limite supérieure de l'anse du Rouet, deux balisages composés de cinq balises ont été installés au niveau desquels ont été réalisés : des mesures de densité, le relevé des parcelles et des îlots de Posidonie ainsi que des plans cartographiques.



Malgré le problème posé par la dégradation d'un des deux balisages, l'herbier de la zone montre une tendance à la progression de la limite supérieure, accompagnée d'une augmentation de la densité. Cette bonne vitalité doit être nuancée localement en raison d'une forte érosion de l'herbier s'accompagnant d'une régression, lié notamment aux contraintes hydrodynamiques. Enfin, l'anse du Rouet, bien abritée du Mistral, constitue un abri naturel pour les bateaux de plaisance. Elle devient petit à petit, une zone de mouillages forains pendant la saison estivale. Le balisage actuel constitue donc un bon outil pour le suivi de l'impact des ancrages sur l'herbier de Posidonie.

L'ensemble des données est bancarisée sous format informatique et disponible au sein du Parc Marin de la Côte Bleue.

➤ Le suivi du SIVOM de Carry/Sausset :

Un balisage a été installé en 1987 en limite supérieure, au niveau du point de rejet de la station d'épuration de Carry-le-Rouet (anse de la Tuilière), sous maîtrise d'ouvrage du SIVOM de Carry-Sausset. Un balisage a été mis en place à ce niveau et les paramètres de vitalité de l'herbier ont été pris en compte selon le protocole du RSP PACA. Un retour sur site, assuré par le GIS Posidonie, a donné lieu à un rapport en 1995 montrant une situation contrastée de l'évolution des herbiers (stabilisation et régression en fonction des balises) liée essentiellement aux caractéristiques hydrodynamiques du site (Pergent-Martini *et al.*, 1995). Les données brutes ont été bancarisées sous format papier et informatique mais ne sont pas disponibles. Un nouveau suivi est programmé en 2008 pour le compte de la Communauté Urbaine Marseille Provence Méditerranée (maître d'ouvrage). Le travail sera réalisé par la société Safège (maître d'œuvre).

➤ Le suivi de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille) :

Ce suivi a été initié en 1986 à la demande de la Direction des Services Techniques de la Ville de Marseille (Etudes & Grands Travaux) (maître d'ouvrage) (Nieri *et al.*, 1987). Sa mise en place avait pour objectif l'évaluation de l'impact des travaux d'aménagements de la baie du Prado sur les peuplements benthiques et plus particulièrement sur l'herbier de Posidonie. A ce titre, l'herbier a été utilisé comme indicateur de la qualité globale du milieu marin.

Un premier programme pluri-annuel a été engagé par le GIS Posidonie, maître d'œuvre entre 1986 et 1992 faisant l'objet d'un rapport de synthèse (Gravez *et al.*, 1990, 1992). Sur la base des conclusions de ce rapport, un second programme pluriannuel a été engagé entre 1995 et 2000 afin de préciser l'évolution de l'herbier de Posidonie dans les secteurs nord et sud de la baie du Prado (Gravez *et al.*, 1995, 1996, 1997, 1999). L'ensemble de la maîtrise d'œuvre a été confié au GIS Posidonie.

D'un point de vue méthodologique, le suivi de l'herbier de Posidonie comprenait en 1995 différents dispositifs répartis dans l'ensemble de la baie du Prado et complétés par la mise en place de pièges à sédiments :

- ↳ deux transects permanents,
- ↳ quatre carrés permanents,
- ↳ un balisage de type RSP PACA en limite inférieure,
- ↳ et 13 stations de mesures du recouvrement.

Les transects et les carrés permanents ont permis de suivre l'évolution des surfaces occupées par l'herbier de Posidonie. Le balisage associé aux paramètres de vitalité



habituels de l'herbier dans le RSP PACA a permis de suivre l'évolution de la limite inférieure de l'herbier de la baie du Prado.

Le suivi de ces structures était programmé avec un pas de temps de trois ans. Néanmoins, en 1998, le suivi n'a pu être réalisé pour des raisons techniques.

L'ensemble des dispositifs mis en place et la surveillance sur une longue période (13 ans) a permis d'évaluer l'état et la dynamique d'un herbier de Posidonie ayant subi de fortes dégradations, liées aux aménagements portuaires (Pointe Rouge) et aux rejets de l'Huveaune. D'une manière générale, les suivis montrent une bonne dynamique, au nord comme au sud de la baie du Prado, marqués par une recolonisation des zones détruites.

➤ Le suivi de l'impact du panache de l'émissaire de Cortiou sur l'herbier de Posidonie (Marseille-secteur des Calanques) :

Les herbiers de Posidonie du secteur des Calanques sont soumis à l'action du panache de l'émissaire se rejetant dans la calanque de Cortiou. Jusqu'en 1987, cet émissaire rejetait dans le milieu les effluents domestiques non traités, provenant de la ville de Marseille. A partir de cette date, une station d'épuration utilisant un processus de traitement physico-chimique de ces effluents a été mise en service. La Ville de Marseille a donc initié en 1987, un suivi des herbiers de Posidonie soumis aux rejets de l'émissaire de Cortiou afin de juger de l'efficacité des mesures de traitement mises en œuvre. A partir de 2004, la maîtrise d'ouvrage a été assurée par la Communauté Urbaine Marseille-Provence-Métropole (CUMPM) afin de suivre le bénéfice de la mise en place d'une unité de traitement biologique à partir de 2008.

Deux sites de surveillance ont été mis en place en limite inférieure :

- ↳ le site du Plateau des Chèvres soumis directement aux rejets provenant de l'émissaire de Cortiou ;
- ↳ le site de Riou entre les îles de Calseraigne et de Riou, constituant une station de référence.

La maîtrise d'œuvre a tout d'abord été confiée au GIS Posidonie (Centre de Corse) avant d'être confiée par appel d'offre à CREOCEAN en 2004 et à Safège en 2007.

Depuis l'initiation de cette surveillance, sept retours ont eu lieu sur les sites : 1989, 1992, 1995, 1997, 1999, 2004 et 2007. La méthodologie utilisée pour le suivi des herbiers de Posidonie est celle du RSP PACA. Deux balisages composés de 12 balises (Plateau des Chèvres) et 11 balises en béton (Riou) ont été installés. La réalisation de photographies sous-marines à ce niveau a permis d'évaluer l'évolution de la limite de l'herbier. De plus, les balisages ont été entretenus régulièrement, faisant l'objet de rapports de synthèse (Pergent-Martini *et al.*, 2000 ; CREOCEAN, 2005a ; Safège 2007). Enfin, différents paramètres ont été retenus pour évaluer la vitalité des herbiers :

- densité des faisceaux foliaires,
- biométrie foliaire (surface foliaire, Coefficient A),
- lépidochronologie (production foliaire, croissance des rhizomes, paléofloraison)

Les résultats montrent que l'évolution de la limite inférieure de l'herbier de Posidonie soumis aux effluents de l'émissaire de Cortiou fait apparaître un arrêt de sa régression depuis la mise en service de la station d'épuration de Marseille, en raison notamment



de la diminution générale de la turbidité des eaux. Une tendance à la progression, naturellement très lente et corrélée à une amélioration des paramètres de vitalité, a même été observée localement (Pergent-Martini *et al.*, 2002). Les données brutes issues des derniers suivis ont été remises au maître d'ouvrage (2004 et 2007). Celles issues des campagnes antérieures ont été conservées par le maître d'œuvre (GIS Posidonie).

➤ Les autres suivis de rejets de STEP du département des Bouches-du-Rhône

Dans le cadre du suivi réglementaire des rejets de stations d'épuration, la Communauté Urbaine Marseille-Provence-Métropole (CUMPM) a mis en œuvre une surveillance des herbiers de Posidonie au droit des rejets d'émissaire des stations d'épuration du Rove, du Frioul, de Cassis et de la Ciotat.

L'attribution de la maîtrise d'œuvre de ces suivis a fait l'objet de plusieurs appels d'offres. Deux bureaux d'étude, dans la plupart des cas associés au GIS Posidonie, ont été chargés de la réalisation de l'acquisition des données : Safège et CREOCEAN.

D'un point de vue méthodologique, les sites de Cassis et La Ciotat ont été équipés en 2003 d'un balisage permanent de type RSP PACA en limite supérieure et inférieure (CREOCEAN, 2003 ; Cadiou *et al.*, 2004).

Les sites du Rove et du Frioul n'ont pas fait l'objet de la mise en place d'un balisage permanent mais d'un suivi stationnel de l'herbier entre la limite supérieure et la limite inférieure (profondeur des limites, paramètres). Les herbiers du Rove ont été suivis en 1998 (Charbonnel *et al.*, 1998) puis en 2006 (Somaprex, Safège, 2006). Enfin, la première évaluation de l'état des herbiers face au rejet de la STEP du Frioul date de 2006 et a été également mis en œuvre par Safège. Les retours sur sites sont programmés tous les 3 ans (nouvelle campagne prévue en 2008) et les paramètres pris en compte sont ceux du RSP PACA. Les données brutes de ces différents suivis ont été bancarisées par les différents maîtres d'œuvre.

↪ Département du Var

➤ Le suivi du Parc National de Port Cros :

Le Parc National de Port-Cros a mis en place trois sites de surveillance des herbiers de Posidonie, dans le cadre d'une politique volontariste. Il s'agit d'un suivi patrimonial ayant pour objectifs :

- ↪ l'étude de l'évolution d'un faciès particulier à forte valeur patrimoniale : le récif-barrière de la baie du port (Augier & Nieri, 1988 ; Bonhomme *et al.*, 2001b) ;
- ↪ l'étude en « zone de référence » de l'évolution dynamique de deux limites inférieures (au nord et au sud de l'île), afin de compléter les séries de données acquises par le RSP PACA et tenter de cerner les causes des évolutions observées (Charbonnel & Bonhomme, 2002 ; Bonhomme *et al.*, 2005a, 2006).

La mise en œuvre du suivi du récif-barrière a été confiée en 1986, au Groupement de Recherche de Biologie, Ecologie, Nuisances et Gestion Océanique (BENGO). Le retour sur site en 1999 a quant à lui été confié au GIS Posidonie au même titre que la mise en place des deux sites de surveillance en limite inférieure.

Le récif-barrière de la baie du port est un des derniers récifs-barrière de grande surface existant le long du littoral français. Les premières études menées entre 1952 et 1970



ont permis de noter la forte dégradation de ce faciès à forte valeur patrimoniale, en raison d'aménagements littoraux, d'une zone de concentration de mouillages des bateaux de plaisance et de l'existence de rejets côtiers (Augier & Nieri, 1988). La méthodologie mise en œuvre pour son suivi, réunie des techniques de microcartographie et de balisage de type RSP.

La mise en place de deux sites de suivi de la limite inférieure de l'herbier de Posidonie autour de l'île de Port-Cros (Pointe du Miladou et Pointe du Vaisseau), a été confié au GIS Posidonie. La méthodologie utilisée est celle du RSP PACA. Ce dispositif a été complété au niveau de la Pointe du Vaisseau, par l'installation d'enregistreurs de température.

Les résultats du suivi du récif-barrière ont montré, en 1986, une phase de stabilisation de la régression observée entre 1952 et 1970. Le retour en 2001, montre une situation plus contrastée mêlant une tendance à la recolonisation au sud, un état stable dans la partie centrale du récif et la continuité du processus de dégradation dans sa partie nord près du port. Cette dégradation est clairement liée à une forte activité plaisancière estivale dans la baie du port, notamment les rejets sauvages d'eaux usées qui restent incontrôlés (Bonhomme *et al.*, 2006).

Les limites inférieures suivies concernent des limites profondes, située entre 33 et 34m de profondeur. Le premier retour en 2005 sur le site du Miladou (« site de référence ») a montré la forte diminution de la densité en 3 ans (-41%) associée à une régression modeste de la position de la limite. En dehors, de toute pression anthropique, l'hypothèse d'une telle régression se porte sur la modification des conditions environnementales, notamment le réchauffement des eaux côtières (Maillot *et al.*, 2005). La poursuite de ce suivi sur une longue période et la mise en place d'un deuxième site de surveillance au sud de l'île (Pointe du Vaisseau) équipé d'enregistreurs de température permettront d'apporter des éléments de réponse à ce sujet.

Les données brutes issues des différents suivis sont bancarisées sous format papier (1988) ou informatique, par le GIS Posidonie.

➤ Le suivi du SIVOM du littoral des Maures :

Dans le cadre de son programme d'action, l'Observatoire Marin du SIVOM du littoral des Maures (maître d'ouvrage) a décidé, en novembre 1999, de mettre en place des points de surveillance des herbiers de Posidonie.

Dans le cadre de ce suivi, trois sites d'étude ont été mis en place en 1999 en s'appuyant sur les propositions formulées par le SIVOM du littoral des Maures et en correspondance avec les points déjà en place sur le territoire dans le cadre du RSP PACA (Bonhomme *et al.*, 2000) :

- 1- la Pointe de la Chappe : « site de référence » en limite supérieure, soumis néanmoins à quelques mouillages forains de bateaux de plaisance ;
- 2- Bonne-Terrasse : « site intermédiaire » en limite inférieure, placé à proximité du rejet d'un émissaire ;
- 3- La baie de Cavalaire : « site sensible » en limite supérieure, placé près d'un port de plaisance et soumis aux mouillages forains.

D'un point de vue méthodologique, deux techniques ont été utilisées :

A- la mise en place d'un balisage de type RSP PACA au niveau des sites de la Pointe de la Chappe et de Bonne-Terrasse. Outre l'évolution de la limite de l'herbier par rapport à ce balisage (description et photographies de la limite, présence de rhizomes plagiotropes), trois paramètres ont été notés : la densité en faisceaux/m², le taux de recouvrement de l'herbier et le déchaussement des rhizomes.

B- la mise en place d'un carré permanent de 36m² dans la baie de Cavalaire. Les taches d'herbier ont été cartographiées au sein de ce carré. Trois paramètres complémentaires ont été retenus : la densité, le taux de recouvrement et le déchaussement des rhizomes.

La maîtrise d'oeuvre a été confiée au GIS Posidonie pour la mise en place des sites de surveillance (1999) et pour le premier retour en 2002 (Bonhomme *et al.*, 2002). Elle a ensuite été confiée au bureau d'étude EOL en 2004 et 2006 (deuxième et troisième retour) puis enfin à l'Oeil d'Andromède en 2008 (quatrième retour réalisé en juin 2008). Au cours de ce dernier retour, la méthodologie RSP a été complétée par une cartographie des limites des taches d'herbiers du carré permanent, à l'aide d'une méthode de télémétrie acoustique, méthode innovante développée par l'Oeil d'Andromède.

Les résultats obtenus à l'issue des deux phases de retours permettent de dégager les tendances suivantes (Bonhomme *et al.*, 2002 ; EOL, 2004, 2006) :

- 1- En limite supérieure (« site de référence ») : l'évolution de la limite depuis 1999 montre un herbier fortement soumis aux contraintes hydrodynamiques locales (présence « d'une rivière de retour » près du balisage). Ces contraintes sont à l'origine de la régression observée entre 2000 et 2002, s'accompagnant d'un morcellement très net de l'herbier (diminution du taux de recouvrement) et d'une légère baisse de la densité. Entre 2002 et 2004, une inversion de tendance est observée avec une légère progression de la limite s'accompagnant d'une légère progression de la densité, et ce malgré un morcellement toujours accentuée de l'herbier (72% de recouvrement en 2002 contre 55% en 2004). Entre 2004 et 2006, on note une détérioration de l'état de la limite supérieure (diminution de la densité et augmentation du déchaussement). Cette alternance de phases progressive et régressive s'observe également au niveau des autres sites de surveillance en limite supérieure (résultats RSP PACA), montrant l'importance des contraintes naturelles sur la dynamique de l'herbier à ces profondeurs.
- 2- En limite inférieure (« site intermédiaire ») : à l'instar de la plupart des limites inférieures du Var, celle du site de Bonne-Terrasse est une limite profonde située entre 33 et 35m de profondeur. Elle est de type régressif. Cette tendance à la régression est confirmée par l'observation entre 2000 et 2006 même s'il elle demeure de faible ampleur comparativement à d'autres sites de surveillance positionnés en limite inférieure (résultats RSP PACA à Cavalaire et dans le secteur de St Tropez). Cette régression s'accompagne d'une nette diminution des valeurs de densité et du pourcentage de recouvrement.
- 3- Au niveau du carré permanent (« site sensible ») : le suivi de l'herbier montre une diminution globale des surfaces occupées entre 2000 et 2004, malgré une tendance à la recolonisation en limite de taches. Cette régression s'accompagne d'une tendance au déchaussement, confirmant le caractère « sensible » de ce site.

En revanche, le suivi sur six ans ne permet pas pour l'instant de définir clairement le principal facteur responsable de cette régression : facteur naturel lié à l'action des tempêtes hivernales sur la limite supérieure ou impact anthropique. Depuis 2004, on note une stabilité globale de la surface occupée par l'herbier associée à forte variabilité intrinsèque (régression de certaines taches et forte progression d'autres taches).

Les données issues de ce suivi sont dans leur ensemble bancarisées informatiquement (couches SIG et données brutes des paramètres de vitalité) par l'Observatoire marin du SIVOM du littoral des Maures.



Tableau 1. Les sites de suivi des herbiers de Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. PMCB : Parc Marin de la Côte Bleue ; CUMPM : Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole ; PNPC : Parc National de Port-Cros. LI : limite inférieure ; LS : limite supérieure. PI : profondeur intermédiaire.* : *date d'installation*. LAI : « Leaf Area Index » ou indice foliaire global par m² d'herbier.

Département	Maître d'Ouvrage	Site	Prof.	Installation et retours	Système mis en place	Paramètres suivis	Disponibilité des données brutes
Bouches-du-Rhône	Service Maritime 13	Carro-Couronne	9m	1993*, 1996, 1997, 2002	1 balisage LS	- Suivi balisage/herbier et photographies - Densité, recouvrement, % rhizomes plagiotropes, déchaussement	CQEL 13 : Disponible sous format papier et/ou note de plongée
		Carro-Couronne	22m	1985*, 1988, 1992, 1996, 1998, 2002	1 balisage LI	- Suivi balisage/herbier et photographies - Profondeur et type de limite - Densité, recouvrement, % rhizomes plagiotropes, déchaussement	CQEL 13 : Disponible sous format papier et/ou note de plongée
		Sausset	28m	1985*, 1998, 2002	1 balisage LI	- Suivi balisage/herbier et photographies - Profondeur et type de limite - Densité, recouvrement, % rhizomes plagiotropes, déchaussement	CQEL 13 : Disponible sous format papier (rapport et/ou note de plongée)
		Niolon-La Vesse	11m	1993*, 1994, 1996, 2002	1 balisage LS	- Suivi balisage/herbier et photographies - Densité, recouvrement, % rhizomes plagiotropes, déchaussement	CQEL 13 : Disponible sous format papier et/ou note de plongée
		Niolon-Le Rove	23m	1985*, 1986, 1987, 1991, 1993, 1998, 2002	1 balisage LI	- Suivi balisage/herbier et photographies - Profondeur et type de limite - Densité, recouvrement, % rhizomes plagiotropes, déchaussement	CQEL 13 : Disponible sous format papier et/ou note de plongée
	PMCB	Cap Rousset	2m	1996*, 2001	1 balisage LS	- Suivi balisage/herbier - densité, Phénologie (surface foliaire, LAI, coefficient A)	PMCB : Disponible sous format informatique
		Anse du Rouet	6m	2002*, 2003 ; 2006	2 balisages LS	- Suivi balisage/herbier - Mesure de la taille des îlots de Posidonie - Densité, % rhizomes plagiotropes, déchaussement	PMCB : Disponible sous format informatique
	SIVOM Carry/Sausset	Carry (STEP)	12m	1987*, 1995	1 balisage LS	- Suivi balisage/herbier et photographies - Densité, % rhizomes plagiotropes, déchaussement, biométrie foliaire (surface foliaire, coefficient A)	Non disponibles

	Ville de Marseille	Baie du Prado	10-23m	1986*-1992, 1995-2000	2 transects permanents, 4 carrés permanents, 1 balisage LI	<ul style="list-style-type: none"> - Cartographie des îlots d'herbiers au sein des carrés permanents - Relevé du linéaire d'herbier le long des transects - Suivi balisage/herbier et photographies - Densité, recouvrement, déchaussement, % plagiotropes 	Ville de Marseille : Disponible sous format informatique
	CUMPM	Plateau des Chèvres	9m	1987*, 1990, 1992, 1995, 1997, 1999, 2004	1 balisage LI	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi balisage/herbier et photographies - Profondeur de la limite - Densité, phénologie (surface foliaire, LAI, coefficient A), lépidochonologie (production foliaire, croissance rhizomes, paléofloraison) 	CUMPM : 1987-1999 : Disponible sous format papier (rapport) 2004 : Disponible sous format informatique
		Riou	17m	1987*, 1990, 1992, 1995, 1997, 1999, 2004	1 balisage LI	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi balisage/herbier et photographies - Profondeur de la limite - Densité, phénologie (surface foliaire, LAI, coefficient A), lépidochonologie (production foliaire, croissance rhizomes, paléofloraison) 	CUMPM : 1987-1999 : Disponible sous format papier (rapport) 2004 : Disponible sous format informatique
		Rove (STEP)	14-24m	1998, 2006	Suivi sans balisage en LS, PI, LI	<ul style="list-style-type: none"> - Profondeur des limites - Description de l'herbier - Densité, recouvrement, recouvrement, % plagiotropes 	CUMPM : Disponible sous format informatique
		Frioul (STEP)	10-22m	2006*	Suivi sans balisage en LS, PI, LI	<ul style="list-style-type: none"> - Profondeur des limites - Description générale de l'herbier - Densité, recouvrement 	CUMPM : Disponible sous format informatique
		Cassis (STEP)	10m	2003*, 2006	1 balisage en LS	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi balisage/herbier et photographies - Densité, recouvrement, déchaussement, % plagiotropes 	CUMPM : Disponible sous format informatique
		Cassis (STEP)	24m	2003*, 2006	1 balisage en LI	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi balisage/herbier et photographies - Densité, recouvrement, déchaussement, % plagiotropes 	CUMPM : Disponible sous format informatique

		La Ciotat (STEP)	23m	2003*, 2006	1 balisage en LS	- Suivi balisage/herbier et photographies - Densité, recouvrement, déchaussement, % plagiotropes	CUMPM : Disponible sous format informatique
Var	SIVOM des Maures	Pointe de la Chappe	8-10m	2000*, 2002, 2004, 2006, 2008	1 balisage en LS	- Suivi balisage/herbier et photographies - Profondeur et type de limite - Densité, recouvrement, déchaussement, % plagiotropes - Faune et flore associée	SIVOM : Disponible sous format informatique
		Pointe de Bonne-Terrasse	33-35m	2000*, 2002, 2004, 2006, 2008	1 balisage en LI	- Suivi balisage/herbier et photographies - Profondeur et type de limite - Densité, recouvrement, déchaussement, % plagiotropes - Faune et flore associée	SIVOM : Disponible sous format informatique
		Baie de Cavalaire	9m	2000*, 2002, 2004, 2006, 2008	1 carré permanent	- Cartographie des îlots d'herbier au sein du carré permanent - Densité, recouvrement, déchaussement - Faune et flore associée	SIVOM : Disponible sous format informatique
	PNPC	Pte du Miladou	33m	2002*, 2005	1 balisage LI	- Suivi balisage/herbier et photographies - Densité, recouvrement, déchaussement, % plagiotropes - Faune et flore associée	GIS Posidonie : Disponible sous format informatique
		Pte du Vaisseau	33m	2006*	1 balisage LI	- Suivi balisage/herbier et photographies - Profondeur et type de limite - Densité, recouvrement, déchaussement, % plagiotropes - Faune et flore associée - installation d'enregistreurs de température	GIS Posidonie : Disponible sous format informatique
		Baie de Port Cros	-	1986*, 2001	1 balisage LS (récif barrière)	- Cartographie du récif-barrière - Evaluation des peuplements d'herbivores	GIS Posidonie : Disponible sous format papier (rapport et/ou papier)

1.1.2. La région Corse

↳ Objectifs et organisation du RSP Corse

Le Réseau de Surveillance Posidonie Corse a été initié en 2003 par l'Office de l'Environnement Corse, maître d'ouvrage, en partenariat avec l'Agence de l'Eau Rhône- Méditerranée et Corse et la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN). La mise en place de ce réseau s'inscrit dans le cadre d'un protocole de partenariat relatif à l'étude et au suivi du fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

L'objectif du Réseau de Surveillance Posidonie Corse est le même que celui du RSP PACA, c'est-à-dire :

- ↳ La surveillance à long terme de l'évolution de l'état des herbiers de posidonies (patrimoine naturel) ;
- ↳ L'utilisation des herbiers comme indicateurs de la qualité globale du milieu marin.

La maîtrise d'oeuvre est assurée par le GIS Posidonie (antenne de Corté). Les opérateurs de terrain ont regroupé des membres du GIS Posidonie et de l'équipe « écosystèmes littoraux » de l'Université de Corté, assistés par des clubs de plongée locaux et une association (« Seagrass 2000 »).

↳ Sites du RSP Corse

Le choix des sites a bénéficié de la bonne connaissance de la distribution des herbiers de Posidonie autour de la Corse (cartographie complète) (Pasqualini 1997 ; Pasqualini *et al.*, 2001). Leur mise en place s'est échelonnée en trois phases (2004, 2005 et 2006) durant lesquelles 15 sites en limite supérieure et 15 sites en limite inférieure ont été répartis de manière équitable le long du littoral.

Ces sites sont représentatifs de la nature du substrat et sont répartis en deux groupes (Pergent *et al.*, 2004 et 2005) :

- des zones de référence (Aires Marines Protégées, zones à faible activité humaine)
- et des zones impactées (STEP, restructuration du rivage, dépôts de dragage, estuaire).

↳ Méthodologie et paramètres

La méthodologie mise en œuvre pour le suivi des herbiers s'est appuyée sur celle du RSP PACA. Elle comprend donc :

- ↳ le suivi des limites inférieures et supérieures des herbiers ;
- ↳ le suivi de paramètres de vitalité de l'herbier.

Ainsi, chaque site a fait l'objet de la mise en place d'un balisage sur un linéaire de 50m. En limite supérieure, des photographies aériennes complètent les informations apportées par le suivi des balisages.



Les paramètres de vitalité de l'herbier sont similaires à ceux retenus dans le RSP PACA et se répartissent en trois groupes (Fig. 2) :

- 1- densité de faisceaux, déchaussement des rhizomes, pourcentage de recouvrement de l'herbier et pourcentage de rhizomes plagiotropes ;
- 2- Phénologie et lépidochronologie à partir de rhizomes orthotropes prélevés lors des mesures de terrain ;
- 3- Granulométrie et teneur en matière organique des sédiments.

Au même titre que ce qui a été fixé dans le RSP PACA, le retour sur chaque site pour l'étude de ces paramètres est fixé à 3 ans.

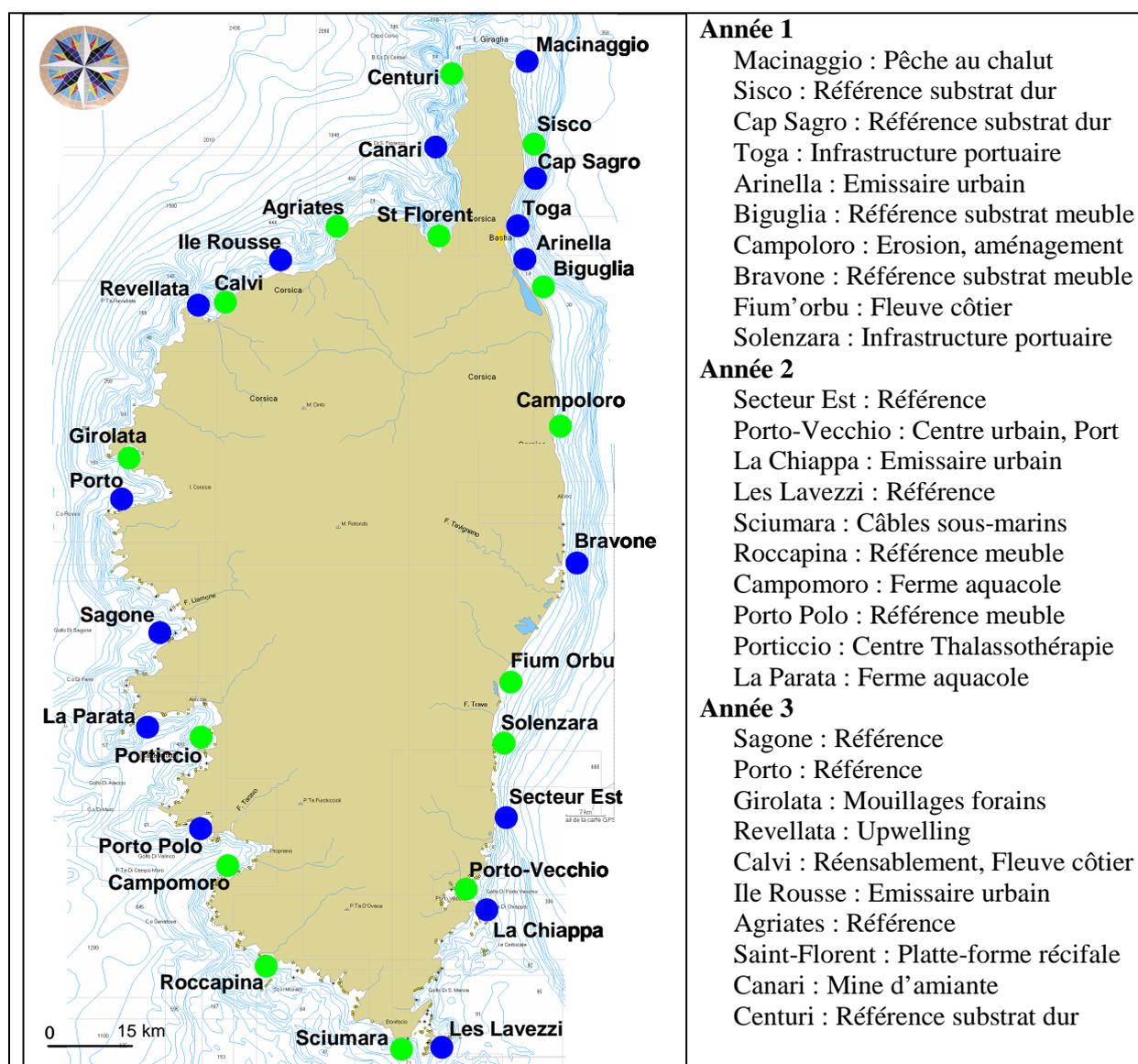


Figure 2 Localisation et caractéristiques environnementales des sites retenus (bleu : limites inférieures, vert : limites supérieures). Pour chaque site est indiquée le type de pression sur l'herbier identifiée (in Pergent *et al.*, 2008).

↳ Bancarisation des données

L'ensemble des données est disponible auprès du maître d'ouvrage, l'Office de l'Environnement Corse.

↳ Les acquis du RSP Corse

Ces trois années d'existence du RSP Corse ont permis sa mise en place. Les rapports produits à cette occasion décrivent pour chaque site, l'état des herbiers concernés. Il faudra attendre les prochains retours fixés à 3 ans pour apprécier l'évolution des limites supérieures et inférieures. Enfin, la mise en œuvre du Réseau de Surveillance Posidonie Corse est intervenue dans le contexte de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (cf. § 1.3.2). De ce fait, l'équipe scientifique du GIS Posidonie chargée de la mise en œuvre technique du RSP Corse s'est attachée à proposer des grilles d'interprétation, paramètre par paramètre, permettant une évaluation des herbiers selon cinq classes d'état, tel que définies par la DCE (très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais).

1.1.3. La Région Languedoc-Roussillon

En Roussillon, un suivi des herbiers de Posidonie a été engagé en 1989 au niveau de l'anse de Parasol, à la demande de la Réserve Naturelle de Cerbères-Banyuls. Le travail de terrain a été confié au GIS Posidonie, maître d'œuvre, sur la base de la méthodologie du RSP PACA (installation d'un balisage et suivi des mêmes paramètres) (Pergent-Martini & Pergent, 1989). En 1997, un retour sur site a été réalisé afin de remettre en état le balisage installé (Ballesta, 1997) et deux campagnes ont été menées en 2000 et 2006 pour cartographier la limite de l'herbier dans ce secteur, à l'aide notamment de techniques de télémétrie acoustique (Descamp *et al.*, 2007). Cette méthode a été complétée par l'installation de 10 transects permanents. En 2003, les herbiers d'un deuxième site (Tancade) ont été cartographiés par télémétrie et ont fait l'objet de mesures de leur densité (Descamps *et al.*, 2003).

En Languedoc, au niveau du Cap d'Agde, un suivi des herbiers situés à la sortie du port (site des mattes et site des Battus) a été engagé par l'Association de Défense de l'Environnement et de la Nature (ADENA) avec la mise en place de carrés permanents. Ce suivi mis en œuvre en 2001, prend en compte l'évolution du recouvrement des taches d'herbiers au sein de ces carrés et des paramètres tels que la densité, le déchaussement ou la biométrie foliaire. La périodicité de retour sur site est de trois ans.

Enfin, les herbiers de Posidonie font l'objet d'une surveillance au titre du suivi de l'impact des rejets des stations d'épuration de Sète et de Montpellier (« Maera ») (CREOCEAN 2005a, 2007). Le maître d'ouvrage de ce suivi est le SIVOM de la mer et des étangs et la Communauté Urbaine de Montpellier. La maîtrise d'œuvre a été confiée successivement depuis 2003, et après appel d'offre, au Centre d'Etude et de Gestion de l'Environnement Littoral (CEGEL), association de type loi 1901, puis au bureau d'étude CREOCEAN. La méthodologie mise en œuvre a retenue la mise en place de transects permanents sur lesquels des paramètres de vitalité telles que la densité ou la surface foliaire ont été noté avec un pas d'échantillonnage variant entre un et trois ans.

1.2. Les autres pays méditerranéens

A partir de l'expérience française, d'autres pays du bassin méditerranéen ont mis en œuvre des réseaux de surveillance des herbiers de Posidonie (Fig. 3). Ces réseaux sont listés ci-dessous. Chaque maître d'ouvrage a fait évoluer la méthodologie du RSP PACA en fonction des objectifs poursuivis.

1.2.1. Réseau de surveillance Posidonie de Monaco

Ce réseau de surveillance a été mis en place dans la réserve sous-marine du Larvotto, à la demande de la Direction de l'Environnement, de l'Urbanisme et de la Construction de Monaco (maître d'ouvrage). Le suivi de l'herbier de Posidonie a démarré en 1977 par la mise en place d'un balisage sur une portion de 100m en limite inférieure (Meinez comm. pers.). Afin de compléter les informations obtenues sur ce balisage et permettre un suivi à long terme, une cartographie a été réalisée en 2001 (De Vaugelas, comm. pers.), par télémétrie acoustique. En 2004, un nouveau suivi de la limite inférieure par cette technique a été réalisé sur un linéaire de 1,5km (De Vaugelas & Javel, 2005).

1.2.2. Réseau de surveillance Posidonie de la Ligurie (Italie)

Ce réseau s'intègre dans un programme de surveillance du milieu marin de la côte ligurienne mis en place en 2002 et financé par le Ministère de l'Environnement italien et la Région Ligure qui est le maître d'ouvrage. Il est fondé sur l'utilisation de deux protocoles différents :

- l'utilisation d'un balisage (50m de long) en limite inférieure d'herbier au niveau de trois sites (Imperia, Cogoleto, Punta Mesco). A ce niveau, un suivi de la limite est réalisée à partir de mesures *in situ* et de photographies sous-marines (protocole RSP PACA). Sont également notés 6 paramètres : (i) typologie de la limite, (ii) recouvrement de l'herbier, (iii) densité, (iv) déchaussement, (v) biométrie foliaire, (vi) lépidochronologie.
- l'utilisation d'un protocole spécifique (« protocole cloison ») au niveau de six autres sites (Sanremo, Arma di taggia, Borghetto S. Spirito, Gênes Quarto, Camogli, Riva Trigoso). Ce protocole prévoit le contrôle de l'herbier le long d'une cloison perpendiculaire à la côte au niveau de trois points : (a) près de la limite supérieure, (b) à un niveau intermédiaire, (c) près de la limite inférieure. Le retour est biannuel et les paramètres suivis sont les mêmes que ceux du protocole précédent auxquels est rajoutée la proportion de rhizomes plagiotropes.

1.2.3. Le Réseau de surveillance Posidonie de la Catalogne (Espagne)

La Catalogne possède depuis 1998 un suivi patrimonial des herbiers créé par la Direction générale de la Pêche et des Affaires Maritimes, et la Generalitat de Catalunya (Gouvernement Catalan) (Renom et Romero, 2001). En 2002, La Fondation CRAM (Conservation et Réhabilitation des Animaux Marins) a été chargée de réaliser ce suivi



au niveau de 30 sites, répartis le long du littoral Catalan. Au niveau de chaque site, trois zones d'étude sont retenues (Jordi Sanchez, Fondation CRAM, comm. pers.) :

- la limite supérieure,
- la limite inférieure,
- un point intermédiaire dans l'herbier.

Les paramètres suivis sont : le type de limite, la densité, le recouvrement, le déchaussement et la présence d'espèces d'intérêt patrimonial (grande nacre,...).

Sur la base de ce travail, d'autres régions espagnoles ont mis en œuvre un réseau de surveillance : la Comunitat Valencia (15 sites), les Baléares (16 sites) et la région de Murcia (15 stations) (Alvárez & Marbà, 2001).

1.2.4. Les autres réseaux en Méditerranée

Lors de la 11^{ème} réunion des parties contractantes à la Convention de Barcelone (octobre 1999), un plan d'action pour la conservation de la végétation en mer Méditerranée a été adopté (UNEP), dans le but d'assurer notamment la conservation des herbiers de Posidonie par l'élaboration de législations nationales, la réalisation d'inventaires cartographiques et la mise en place de réseaux de surveillance (actions prioritaires) (Boudouresque *et al.*, 2000 ; Pergent-Martini *et al.*, 2000). De ce fait, dans le cadre du programme européen COST 647 («Coastal Benthic Ecology Project », programme de la Commission des Communautés Européennes) et à l'initiative du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR-ASP), d'autres pays méditerranéens ont mis en place des réseaux de surveillance des herbiers de Posidonie :

- La Grèce (depuis juillet 2003 dans le parc National Marin de Zakynthos),
- La Slovénie (Parc du Triglav),
- L'Algérie depuis 2000 (Baie d'El Djamila ; Boumaza & Semroud, 2000)

Ces réseaux sont pour l'ensemble, plus ou moins développés et s'appuient largement d'un point de vue méthodologique, sur les systèmes de surveillance mis en place en France (suivi des limites et mesures de paramètres de vitalité des herbiers) et ont pour objet la surveillance des herbiers en tant que patrimoine naturel.

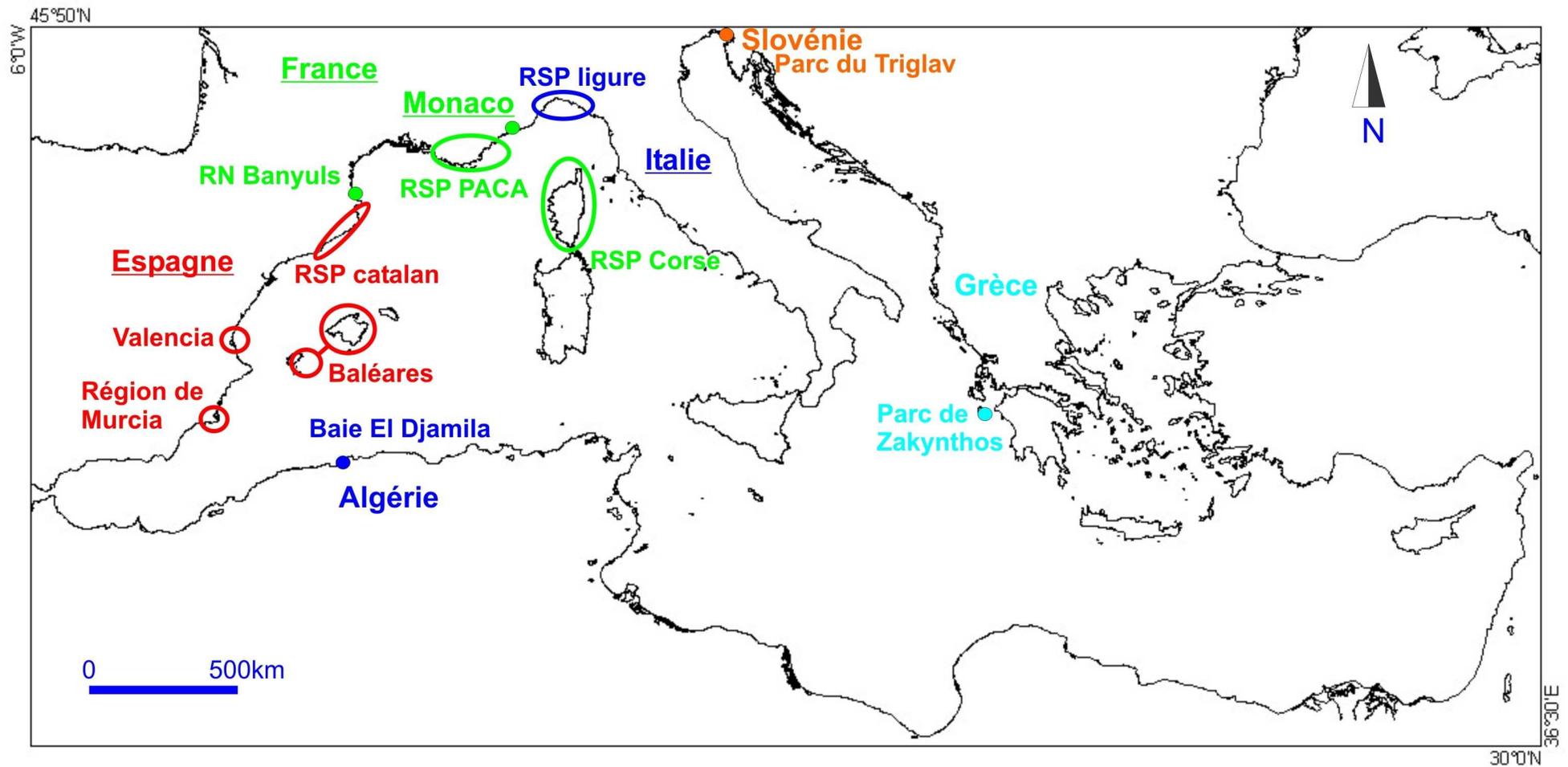


Figure 3. Pays méditerranéens ayant mis en place des suivis des herbiers de Posidonie.

1.3. Le nouveau contexte réglementaire européen

Comme nous l'avons vu précédemment, deux textes législatifs français protègent l'espèce *Posidonia oceanica* et les herbiers qu'elle constitue. Cette contrainte réglementaire implique l'organisation de suivis pour juger de l'impact de tout aménagement ou activité en zone littorale côtière (installations portuaires, rejets d'émissaire, pêche,...).

Au niveau européen, deux textes majeurs renforcent les mesures de protection de la Posidonie en Méditerranée nord-occidentale :

⇒ la Directive du 21 mai 1992 concernant « la conservation des Habitats naturels ainsi que de la Faune et de la Flore sauvages ». Elle constitue avec la Directive « Oiseaux » la base réglementaire du Réseau Natura 2000.

⇒ la Directive Cadre sur l'Eau du 23 octobre 2000.

L'application de ces deux directives constitue un nouveau contexte réglementaire concernant le suivi des herbiers de Posidonie.

1.3.1. Le Réseau Natura 2000

L'Europe s'est lancée dans la réalisation d'un ambitieux réseau (Natura 2000) de sites retenus pour leur biodiversité et à gérer selon une politique commune de protection. Les objectifs de ce réseau sont de deux ordres :

(i) préserver la diversité biologique ;

(ii) et valoriser le patrimoine naturel.

Pour chaque site Natura 2000, l'état français désigne un opérateur local chargé de rédiger un plan de gestion de cette zone appelé Document d'Objectifs (DOCOB). Ce document est avant tout un outil pour la concertation et surtout un cadre de référence permettant de prendre en compte les multiples intérêts qui se rapportent au site.

Aussi, dans ce plan de gestion, doivent apparaître :

- l'état initial des milieux naturels et des activités humaines (phase 1) ;
- les objectifs de développement durable destinés à assurer la conservation des habitats et la sauvegarde des activités socio-économiques (phase 2) ;
- les propositions de mesures de gestion (phase 3).

A ce titre et à partir de l'état initial, l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire doit faire l'objet d'évaluations périodiques. Dans ce cadre, un programme de suivi peut être proposé. Enfin, les projets susceptibles d'affecter de façon notable les habitats naturels et les espèces présents sur un site Natura 2000 doivent faire l'objet d'une évaluation, afin de prévenir d'éventuels dommages.

L'annexe I de la Directive « Habitat-Faune-Flore » établit une liste d'environ 200 habitats naturels dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation. L'herbier de Posidonie (code Natura 1120 ; code CORINNE 11.34) y est identifié comme habitat prioritaire. A ce titre, la gestion de l'herbier à Posidonie dans



les sites Natura 2000 demande la mise en place de plans de gestion ciblés de toutes les zones sensibles, avec :

- la maîtrise parfaite de la qualité des eaux ;
- l'interdiction des mouillages forains et équipement des sites de concentration de bateaux ;
- la limitation des unités de plongée ;
- l'interdiction de tout chalutage sur l'ensemble de l'herbier, maîtrise de l'effort de pêche et limitation aux activités de pêche non destructrices de l'habitat ;
- le respect de l'interdiction d'aménagement sur les herbiers et limitation à leur proximité ;
- la forte sensibilisation des populations qui utilisent ou visitent l'herbier ;
- la surveillance et l'éradication (dans la mesure du possible) des foyers de *Caulerpa taxifolia*.

De ce fait, dans le cadre de la proposition des mesures de gestion des sites Natura 2000 comportant des herbiers de Posidonie (phase 3 du DOCOB), le suivi cartographique de ces herbiers peut être associé à la mise en place de programmes de surveillance adaptée au contexte local afin de limiter les impacts des activités humaines.

La Directive « Habitat-Faune-Flore » fixe donc clairement un objectif : assurer la conservation des habitats tout en maintenant les activités socio-économiques. En revanche, elle n'impose aucune méthodologie particulière concernant les mesures de surveillance de ces habitats.

Chaque DOCOB doit proposer les mesures qui conviennent au contexte local. Ainsi, la phase 3 du DOCOB du site Natura 2000 FR 910-1482 (Posidonie de la Côte des Albères), propose la création d'un Réseau de Surveillance Posidonie en Languedoc-Roussillon (RSP LR).

1.3.2. La Directive Cadre sur l'Eau

L'objectif de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) est l'atteinte d'un bon état écologique et chimique des masses d'eau en 2015, pour les eaux côtières et les eaux de transition (e. g. estuaires, étangs littoraux saumâtres,...). Pour cela, elle prévoit la mise en place de réseaux de surveillance (contrôle opérationnel et contrôle de surveillance). Le contrôle de surveillance est réalisé dans chaque type de masses d'eau. Le contrôle opérationnel sera mis en œuvre uniquement dans les masses d'eau présentant un risque de Non Atteinte du Bon Etat Ecologique fort (Risque NABE).

L'état écologique des masses d'eau est estimé par le biais d'éléments biologiques d'évaluation (« Biological Quality Element » ou BQE). Parmi ces derniers, les angiospermes ont été retenues sur l'ensemble des façades maritimes. En Méditerranée, c'est la Posidonie qui a été choisie.

Les programmes de surveillance liés à la mise en œuvre de la DCE sont coordonnés par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDAT). Dans chaque bassin hydrographique les Agences de l'Eau, avec les services de l'Etat, prennent en charge leur application.

L'évaluation de l'état des herbiers passe par la définition de conditions de référence puis par la mesure de l'écart à cette référence au travers du calcul d'un indice multiparamètres : l'Ecological Quality Ratio (EQR). Les valeurs de l'EQR (variant de 0 à 1) permettent alors de classer les masses d'eaux côtières au sein de cinq classes d'état définies par la DCE et codifiée par une couleur : le très bon état (couleur bleue), le bon état (couleur verte), l'état moyen (couleur jaune), l'état médiocre (couleur orange) et le mauvais état (couleur rouge).

La DCE laisse la liberté à chaque état membre de définir, le mode de calcul de l'EQR. Néanmoins, l'obligation est faite d'intercalibrer ces méthodes, pour des conditions de référence similaires, afin de s'assurer de la cohérence des résultats obtenus à l'échelle des pays européens méditerranéens (classification des masses d'eau).

Sur la façade méditerranéenne, Ifremer a assuré la maîtrise d'ouvrage de la première campagne du contrôle de surveillance, en coordonnant l'ensemble de l'acquisition des données et de leur synthèse en collaboration avec de nombreux partenaires : Universités, bureaux d'études, structures locales de gestion et services de l'Etat.

Dans le cadre de la DCE, la posidonie fait l'objet d'un suivi stationnel. Pour cela, la France a défini un EQR basé sur cinq paramètres mesurés au niveau de chaque station (Ifremer, 2008) :

- la profondeur de la limite inférieure ;
- le type de limite inférieure (régressif, progressif, stable).

A profondeur intermédiaire (-15m) :

- la densité (nombre de faisceaux/m²) ;
- la surface foliaire (en cm²/faisceau) ;
- le rapport biomasse épibionte/biomasse foliaire.

Compte tenu de la variation saisonnière de plusieurs paramètres, les mesures *in situ* et prélèvements sont réalisés à la même période (mois d'avril). La périodicité des retours sur les sites dépend du type de suivi. Dans le cas du réseau de contrôle de surveillance, le retour sur site est fixé tous les trois ans. Dans le cas du réseau de contrôle opérationnel, la surveillance peut-être fixée annuellement et est maintenue jusqu'au retour au bon état de la masse d'eau considérée.

Les travaux engagés jusqu'à présent sur la posidonie, ont concerné : (i) la réalisation de la première phase de l'exercice d'intercalibration (2004-2008), (ii) la réalisation de la première campagne du contrôle de surveillance en 2006, (iii) la réalisation d'une deuxième campagne de terrain pour la consolidation du modèle de calcul de l'EQR et la définition des valeurs des bornes de classe d'état en 2007.

Les résultats obtenus ont tout d'abord permis de proposer un calcul solide de l'EQR basé sur un nombre de données suffisantes (32 stations en régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur ; 18 stations en région Corse). Ils ont également permis de proposer une première classification des masses d'eaux côtières par le BQE Posidonie qui met en évidence le bon état général des herbiers étudiés le long du littoral français. Ainsi sur les 32 sites d'étude des régions Languedoc-Roussillon et PACA, 21 présentent des herbiers classés dans le bon ou le très bon état, les herbiers des 11 autres sites étant classés comme présentant un état moyen. Deux de ces stations (Villefranche et Corbière) présente une valeur d'EQR très proche de la



valeur de borne des classes état moyen/état médiocre. En Corse, seuls 3 sites sur 18 sont classés en état moyen, le reste relevant du bon ou très bon état. Enfin, la bancarisation des données fait l'objet de mesure de normalisation (assurance qualité) dans une banque unique (Quadrigé²), gérée par Ifremer.

Les prochaines étapes prévues au titre de la DCE prévoient notamment en 2009 : (i) la réalisation de la deuxième campagne du contrôle de surveillance, (ii) la première campagne du contrôle opérationnel, (iii) la fin de l'exercice d'intercalibration.

1.4. Conclusion

Le tour d'horizon des différentes stratégies de surveillance des herbiers de Posidonie mises en œuvre en France et dans les autres pays du bassin méditerranéen, met en évidence deux points majeurs :

- ↳ l'intérêt que portent la communauté scientifique et les gestionnaires, au suivi des herbiers de Posidonie qui a été accompagné par les institutions locales, nationales ou européennes ;
- ↳ l'importance du RSP PACA en tant qu'exemple technique, à l'origine de la mise en place de nombreux autres réseaux de surveillance ;
- ↳ l'importance du cadre réglementaire national et européen protégeant la Posidonie et impulsant la mise en œuvre de nouvelles mesures de surveillance des herbiers.

Au niveau national, depuis la mise en place du RSP PACA en 1984, on a assisté à une multiplication des points de surveillance de l'herbier de Posidonie. Cette multiplicité des points se concentre au niveau de deux départements : les Bouches-du-Rhône et le Var. La mise en place récente d'un RSP autour de la Corse offre un outil structuré pour évaluer l'évolution future de l'état des herbiers de cette région.

La multiplicité des points de suivi en région PACA se traduit par une diversité d'objectifs, d'acteurs (maître d'ouvrage et maître d'œuvre), de protocoles techniques (variantes d'une base commune, celle du RSP PACA) et de mode de bancarisation des données. Dans certains cas, comme sur la Côte Bleue, cette multiplicité des points entraîne un manque de lisibilité globale concernant l'état des herbiers de ce secteur.

Dans ce contexte, de par son caractère réglementaire obligatoire, la pérennité de son action, la Directive Cadre sur l'Eau offre un cadre structurant pour la surveillance des herbiers de Posidonie (intercalibration des méthodes utilisées entre les différents pays, reproductibilité des données, bancarisation standardisée et assurance qualité).

Enfin, si l'herbier de Posidonie peut constituer un indicateur de la qualité globale des eaux littorales, les variations naturelles liées aux conditions environnementales (hydrodynamisme, mouvements sédimentaires, changement climatique,...) masquent souvent les impacts des activités anthropiques.

En conclusion, l'optimisation de la surveillance des herbiers de Posidonie en région PACA passe nécessairement par :

- ↳ une meilleure définition des objectifs poursuivis ;
- ↳ une meilleure adéquation entre objectifs poursuivis et paramètres mesurés ;
- ↳ une meilleure harmonisation des méthodes mises en œuvre ;
- ↳ une meilleure bancarisation et diffusion des données.

2. Analyse de 20 ans de suivi en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (RSP PACA)

Le RSP PACA constitue la plus longue série de données concernant les herbiers en Méditerranée française. Dans cette deuxième partie, nous présentons une synthèse des informations recueillies pendant 20 ans :

- ↳ de bilan des données disponibles (données brutes, archives photographiques, rapports,...) ;
- ↳ de tendances dynamiques des limites d'herbier à partir de jeux de données exploitables ;
- ↳ de synthèse concernant la qualité globale des herbiers en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

2.1. Bilan des données disponibles

Le RSP PACA a perduré pendant 20 ans. Durant cette période, les opérateurs scientifiques et techniques ont du tenir compte à la fois :

- ↳ de l'évolution des connaissances scientifiques,
- ↳ de l'évolution des moyens de bancarisation (évolution du matériel photographique sous-marin, évolution du matériel informatique,...).

De ce fait, la méthodologie (paramètres pris en compte, périodicité des mesures) et l'archivage des données ont notablement varié dans le temps mais également selon les sites, en fonction de l'opérateur technique chargé du travail de terrain.

☞ En tant que maître d'ouvrage (jusqu'en 2003) et opérateur de terrain, avec la CQEL 13 et la DDE 83, le GIS Posidonie (antenne de Marseille et antenne de Nice) a centralisé l'ensemble des données acquises dans les départements des Bouches-du-Rhône, du Var et des Alpes-Maritimes.

La recherche des archives présentes au sein des antennes de Marseille et de Nice met en évidence un mode de stockage et de restitution différent des données, selon le lieu mais également les années : rapports, photocopies de données manuscrites (notes de plongées), tableurs informatiques (à partir de 1991).

Le tableau 2 présente sous une forme synthétique et pour chaque département, l'ensemble des paramètres pris en compte dans les différentes stations. Il distingue :

- Les types de données :
 - ↳ dispositifs mis en place pour le suivi de l'herbier (balisage, transect) ;
 - ↳ paramètres mesurés chaque année ;
 - ↳ suivis photographiques (suivi des balisages, photographies aériennes).
- La bancarisation des données
 - année de publication des rapports des phases de suivi ;
 - format des données disponibles : archives papier, archives informatiques, rapports d'activité, rapport de phase.

Tableau 2. Disponibilité des données issues du RSP PACA

DEPARTEMENT DES BOUCHES DU RHONE

Rec : recouvrement ; Déch : déchaussement des rhizomes ; % plagio : proportion de rhizomes plagiotropes ; Lérido : Lépidochronologie ; Phéno : phénologie.

	Prof	Année de suivi	Année publication rapport	Transect	Balisage		Données Brutes						photo aérienne	Ortho-photoplan	SIG	Granulo sédiment	
					mise en place	Photos+ obs	Densité	Rec	Déch	% Plagio	Lérido	Phéno					
Martigues Poneau	18 m	1995	1995		août-95	août-96	X	X			X	X					
		1998	1999			août-98	X	X									
		2001	2001			juil-01	X	X									
		2003	2004		juin-03	juil-03	X	X									
CARRY-le-ROUET LS	5,9 m	1986	1988			juil-87							sept-85	X			
		1988	1990			juil-89							févr-89	X			
		1991	1992			avr-92					X	X	janv-92	X			
		1994	1995		août-94	août-94	X										
		1997	1999			août-97		X					mai-97	X	X		
		2000	2001		août-00	déc-00	X	X	X					X	X		
		2003	2004		juil-03	déc-03	X	X	X				juil-03	X	X		
CARRY-le-ROUET LI	30,2 m	1985	1986		oct-85	juil-86	X	X									
		1986	1988			déc-86	X	X		X		X					
		1988	1990			août-88	X	X				X					
		1991	1992			juin-91	X	X			X						
		1994	1995			août-94	X	X			X	X					
		1997	1999		juin-05	août-97	X	X		X		X					
		2000	2001			août-00	X	X									
Marseille Prado LS	8,5 m	1987	1989			nov-88							nov-88 et oct-89	X			
		1992	1992		janv-89	juil-92							déc-91	X			
		1995	1995		août-95	mai-95	X										
		1998	1999			sept-98	X	X	X	X			mai-98	X			
		2001	2001			juin-01	X	X									
Marseille Prado LI	26,5 m	1986	1988	oct-86	sept-86	déc-86	X	X	X	X		X				X	
		1989	1991			août-89	X	X	X	X		X					
		1992	1992			juil-92	X	X	X	X		X					
		1995	1995			août-95	X	X	X	X	X	X					
		1998	1999			août-98	X	X	X	X							
		2001	2001			juin-01	X	X	X	X							
Cassis LS	10 m	1994	1995		déc-94	déc-94		X				X	juin-95	X			
		1997	1999			sept-97		X					mai-96				
		1999	2000			juil-99	X	X									
		2002	2003			août-02	X	X									
Cassis LI	24 m	1994	1995		août-94	août-94	X	X			X	X					
		1997	1999			août-98	X	X	X								
		2000	2000			août-00	X	X	X								
		2003	2004			juil-03	X	X									
La Ciotat LS	10,5 m	1988	1990	1988	mai-89	juin-89	X					X	nov-88	X		X	
		1990	1992			juil-91							sept-90				
		1993	1994			août-93		X					juin-93	X			
		1996	1998		juil-96	juil-96											
		1999	2000		juil-99	août-00	X	X	X	X			juin-99	X			
La Ciotat LI	33 m	1987	1989	avr-88	sept-87	sept-87	X	X				X					
		1990	1992			juil-91	X										
		1993	1994			août-93	X						X				
		1996	1998			août-96	X					X	X				
		1999	2000		juil-99	août-99	X										
		2002	2003			juil-02	X										

Rapport
Archives papiers
Archives Informatiques
Rapport&Archives

DEPARTEMENT DU VAR

	Prof	Année de suivi	Année publication rapport	Balisage		Données Brutes						photo aérienne	Ortho-photoplan	SIG	Granulo sédiment
				mise en place	Photos+ obs	Densité	Recouvrement	Déch	% Plagio	Lévido	Phéno				
Le Brusac LS	4 m	1986	1988		févr-86							sept-85			
		1989	1991		déc-90							mai-90	X		
		1992	1992		juin-92							janv-92	X		
		1994	1995	août-94	août-94							août-94			
		1997	1999		sept-97							sept-97	X		
		2000	2001		juil-00	X	X								
Le Brusac LI	31 m	1985	1986	sept-85	nov-85										X
		1986	1988												
		1989	1991		juin-90						X	X			
		1992	1992		sept-92	X						X			
		1994	1995		mai-94	X						X			X
		1997	1999	Mai et aout 98	oct-98	X	X								
		2000	2001		déc-00	X	X								
Toulon cap Sicié LS	13 m	1995	1995	nov-95	nov-95		X				X				
		1998	1999		juin-99	X	X			X					
		2001	2002		sept-01	X	X								
		2004(EOL)	2005												
Toulon cap Sicié LS 2	12 m	1995	1995	juil-95	juil-95		X		X	X	X				
		1998	1999		juin-99	X	X								
		2001	2002		sept-01	X	X			X					
		2004(EOL)	2005												
Toulon cap Sicié LI	27,5 m	1994	1995	déc-94	févr-95	X	X			X					
		1998	1999		juin-99	X	X			X					
		2001	2001		déc-01	X	X								
		2004	2005												
Giens LS	6 m	1986	1988												
		1987	1989		déc-87							1987			
		1991	1992		déc-92							Mai-90 et juin-92	X		
		1994	1995	nov-94	nov-94						X				
		1996	1998		avr-97	X						sept-96	X	X	
		1999	2000		nov-99	X									
Giens LI	32 m	1986	1988												
		1989	1991												
		1993	1994	août-93	déc-93	X						X			
		1995	1995		oct-95	X	X					X			
		1998	1999		janv-99	X	X			X					
Porquerolles LS	6 m	1986	1988		févr-86							1985			
		1989	1991		avr-91							mai-90	X		
		1992	1992	avr-91	déc-92						X	juin-92	X		
		1994	1995	mai-94	juin-94										
		1996	1998	juil-96	août-96	X	X			X	X	sept-96	X	X	
		1999	2000		nov-99	X									
		2002	2003		oct-02	X	X					sept-02	X	X	
Bormes Le Lavandou LS	14 m	1986	1988												
		1987	1989		déc-87										
		1990	1992		août-91	X						oct-89			
		1992	1992		déc-92	X						juin-92			
		1995	1995	oct-95	oct-95	X					X				
		1997	1999		oct-97	X						sept-97	X		
		2000	2001		juin-00	X	X								
2003	2004		mai-03	X	X										

Rapport
Archives papiers
Archives Informatiques
Rapport&Archives

	Prof	Année de suivi	Année publication rapport	Balisage		Données Brutes						photo aérienne	Ortho-photoplan	SIG	Granulo sédiment	
				mise en place	Photos+ obs	Densité	Recouvrement	Déch	% Plagio	Lépid	Phéno					
Bormes LI	37,5 m	1986	1988	août-86	août-87							X				
		1990	1992		sept-91	X						X				
		1992	1992		sept-92	X						X				
		1995	1995		oct-95	mars-96	X	X				X				
		1998	1999			nov-98	X	X								
		2001	2001			oct-01	X	X								
Cap Lardier Cavalaire LS	6 m	1988	1990		janv-90								oct-87	X		
		1991	1992		juin-92						X		avr-91	X		
		1993	1994		août-93	août-93							févr-93			
		1996	1998			mars-97	X									
		1999	2000			déc-99	X							nov-00		
		2002	2003			déc-02	X	X								
Cap Lardier Cavalaire LI	36 m	1987	1989		juil-88	juil-88										
		1990	1992			nov-91	X					X				
		1993	1994			juil-97	X									
		1996	1998			juil-97	X									
		2000	2001			nov-00	X									
		2003	2004			janv-04	X	X	X							
St Tropez	37 m	1996	1998		juin-96	juin-96	X	X			X	X				
		1999	2000			mai-00	X	X								
		2002	2003			nov-02	X	X								
Grimaud LS	2,5 m	1987	1989										1987			
		1988	1990			mars-90										
		1991	1992			juin-92							avr-91	X		
		1993	1994			août-93	août-93						févr-93			
		1996	1998			oct-96	juil-97	X	X			X	X			
		1999	2000			nov-99	nov-99	X						nov-00		
Grimaud LI	21m	2002	2003			janv-03	X	X								
		1987	1989			juil-89	juil-89									
		1990	1992			nov-91	nov-91	X					X			
		1993	1994			août-93	août-93	X					X			
		1997	1999			sept-97	sept-97	X								
		2000	2001			juin-00	juin-00	X	X							
St Aygulf LI	18 m	2003	2004			nov-03	X	X								
		1985	1986			déc-85	juin-89	X					X			
		1989	1991				avr-91									
		1993	1994			sept-93	déc-93	X					X			
		1996	1998				oct-96	X	X			X	X			
		1998	1999				janv-99	X	X							
2001	2001				sept-01	X	X									

Rapport
Archives papiers
Archives Informatiques
Rapport&Archives

DEPARTEMENT DES ALPES MARITIMES

	Prof	Année de suivi	Année publication rapport	Balisage		Données Brutes						photo aérienne	Ortho- photoplan	SIG	Granulo sédiment	Temp	
				mise en place	Photos+ obs	Densité	Recouvrement	Déch	% Plagio	Lépido	Phéno						
Théocules LI	13 m	1995	1995	juil-95	juil-95												
		1997	1999		août-97	X											
		2001	2001		juil-01	X											X
		2004	2005		2004												X
Cannes LS	6 m	1986	1988		1987							1977					
		1987	1989		1988							1988					
		1992	1992		nov-92							1989	X				
		1995	1995	août-95	août-95							juin-94	X				
		1998	1999		oct-98	X						sept-96	X				
		2001	2001		juin-01	X											
		2003	2004		janv-04	X											
		1988	1990		janv-87							1985	X				
Leirins LS	7 m	1993	1994	juin-94	juin-94							janv-92	X				
		1996	1998		nov-96	X					sept-96	X					
		1999	2000		oct-00	X											
		2002	2003									oct-02	X				
Golfe Juans LI	31 m	1985	1986	mars-85	juin-86												
		1988	1990		mai-90												
		1991	1992		juil-92												
		1995	1995		août-95	X											
		1996	1998	juil-97	août-97	X											
		1999	2000		sept-00	X											
		2002	2003		juin-02	X											
Bacon Antibes LI	20 m	1987	1989	avr-88	juin-88												
		1990	1992		sept-91												
		1993	1994		mai-94												
		1996	1998		oct-96	X											
		1999	2000		juin-00	X											
		2002	2003		juin-02	X											X
		2004	2005														X
Villfranche sur Mer LS	8 m	1986	1988		août-87												
		1989	1991		févr-91							mai-90	X				
		1994	1995	juin-94	août-94							juin-94					
		1997	1999		août-98	X											
		2000	2001		juil-00	X											
		2003	2004		nov-03	X						juil-01					
Villfranche sur Mer LI	16 m	1986	1988	mars-87	mars-87												
		1990	1992		nov-90												
		1992	1992		nov-92												
		1994	1995		mai-94												
		1997	1999		août-97	X											
		2000	2001		juil-00	X											
		2003	2004		déc-03	X											
Eze LI	32 m	1995	1995	juil-95	août-95		X										
		1999	2000		juil-00	X											
		2002	2003		sept-02	X	X										
		2004	2005														X

Rapport
Archives papiers
Archives Informatiques
Rapport&Archives

D'une manière générale, les tableaux précédents mettent en avant plusieurs points conditionnant le traitement des données pour une interprétation de l'évolution des herbiers.

1- Tout d'abord, la périodicité des suivis de chaque paramètre est très hétérogène selon les stations, le département mais également d'une année sur l'autre.

2- La disponibilité et l'archivage des données diffèrent énormément d'un département à l'autre : nombre de station pris en compte, nombre de paramètres suivis par station, format de la donnée.

3- Les données brutes archivées sous format informatique, le sont sur des tableaux excel sans souci de standardisation ou normalisation. L'accès aux métadonnées n'est ainsi pas ou très partiellement possible.

L'ensemble des données acquises sur le terrain (photographies aériennes, paramètres de vitalités, photographies,...), avant 1992, sont toutes archivées sous format papier à l'exception de données éparses saisies sous tableau excel. Aucune bancarisation sous format informatique (scannérisation des images, saisie des notes manuscrites sous tableau) n'a été entreprise à partir de ces données papier qui sont entreposées à l'antenne de Marseille du GIS Posidonie et qui concernent le département des Bouches-du-Rhône et du Var. Le tableau suivant (Tab. 3) présente de façon synthétique l'ensemble des données recueillies sous format informatique auprès du GIS Posidonie.

Enfin, dans le département des Alpes-Maritimes, les données réunies au cours de ce travail concernent presque exclusivement des données brutes de densité saisies dans des tableurs excel. Au total, 14 séries de densité seulement ont pu être obtenues auprès du GIS Posidonie. Elles concernent la période s'étendant de 1993 à 2003 (Tab. 3) et ne sont pas continues pour les différents sites. Pour les autres paramètres, seules trois séries de données brutes concernant le taux de recouvrement ont été réunies. Enfin, 13 séries de photographies aériennes et d'orthophotoplan, concernant trois sites (Cannes LS) ont été retrouvées sous format papier.



Tableau 3. Bilan des données brutes recueillies sous format informatique (tableur Excel) pour les départements des Bouches-du-Rhône, du Var et des Alpes-Maritimes. Gras : données complètes, normal : données incomplètes (série incomplète, moyennes uniquement indiquées).

Département	Sites	Disponibilité des paramètres
Bouches-du-Rhône	Martigues LI	Densité : 1995, 1998, 2001 Recouvrement : 1998, 2001, 2002 Phénologie : 1995 Lépidochronologie : 1995
	Carry LS	Densité : 1991, 1994, 1999, 2000, 2003 Recouvrement : 1991, 1999, 2000, 2003 % plagiotropes : 1991 Phénologie : 1994 Lépidochronologie : 1994
	Carry LI	Densité : 1986, 1988, 1991, 1997 Recouvrement : 1986, 1988, 1991, 1997 % plagiotropes : 1986, 1991, 1997 Phénologie : 1997
	Marseille LS	Densité : 1995, 1998, 2001 Recouvrement : 2001
	Marseille LI	Densité : 1986, 1989 1992, 1995, 1998, 2001 Recouvrement : 1986, 1989, 1992, 1998, 2001 % plagiotropes : 1986, 1989, 1992, 1995, 1998, 2001 Phénologie : 1995 Lépidochronologie : 1995
	Cassis LS	Densité : 1994, 2000, 2002 Recouvrement : 1997, 2000, 2002 Phénologie : 1994
	Cassis LI	Densité : 1994, 1997 Recouvrement : 1994, 1997 Phénologie : 1994 Lépidochronologie : 1994
	La Ciotat LS	Densité : 1999, 2002 Recouvrement : 1999, 2002
	La Ciotat LI	Densité : 1985, 1990, 1993, 1996, 1999, 2002 Phénologie : 1990, 1993, 1996 Lépidochronologie : 1996
Var	Toulon LS1	Densité : 1995, 1998, 2001 Recouvrement : 1995, 1998, 2001
	Toulon LS2	Densité : 1995, 1998, 2001 Recouvrement : 1995, 1998, 2001 Phénologie : 1995
	Toulon LI	Densité : 1994, 1997, 2001 Recouvrement : 1994, 1997, 2001 Phénologie : 1994
	Le Brusç LS	Densité : 2000, 2003 Recouvrement : 2000, 2003
	Le Brusç LI	Densité : 1992, 1994, 1997 Recouvrement : 1997 Phénologie : 1986, 1989, 1994
	Giens LS	Densité : 1996, 1999, 2002, % plagiotropes : Recouvrement : 2002
	Giens LI	Densité : 1993, 1995, 1997, 1998, 2001 Phénologie : 1993, 1994, 1995 Recouvrement : 1995, 1998, 2001

	Porquerolles LS	Densité : 1996, 1999 Phénologie : 1994, 1996 Lépidochronologie : 1996
	Bormes LI	Densité : 1986, 1990, 1998, 2001 Phénologie : 1986, 1990 Recouvrement : 1998, 2001
	Lavandou LS	Densité : 1990, 1992, 1995, 2000, 2003 Phénologie : 1990, 1995 Recouvrement : 1995, 2000, 2003
	Cavalaire LS	Densité : 1996, 1999, 2002, Phénologie : 1996 Lépidochronologie : 1999
	Cavalaire LI	Densité : 1990, 1993, 1996 Phénologie : 1990, 1993
	Grimaud LS	Densité : 1996, 1999, 2002 Phénologie : 1996 Lépidochronologie : 1996
	Grimaud LI	Densité : 1990, 1993 Phénologie : 1990, 1993
	St Tropez LI	Densité : 1996, 1999, 2002 Phénologie : 1996 Lépidochronologie : 1996 Recouvrement : 1996, 1999
	St Aygulf LI	Densité : 1985, 1993, 1996, 1998, 2001 Phénologie : 1986, 1993 Recouvrement : 1996, 1998, 2001
Alpes-Maritimes	Théoule-LI	Densité : 1997, 2001
	Antibes-LI	Densité : 1996, 2002 Recouvrement : 1999
	Golfe Juan-LI	Densité : 2002
	Cannes-LS	Densité : 1998, 1999, 2001
	Lérins-LS	Densité : 1999
	Villefranche-LI	Densité : 1997, 2000, 2003
	Eze-LI	Densité : 2002

2.2. Evolution des herbiers de Posidonie

2.2.1. Limite inférieure

L'analyse des données issues de la surveillance en limite inférieure a fait l'objet d'un travail de thèse (Mayot, 2007). Ce travail a porté non seulement sur les séries temporelles issues du RSP PACA mais également sur celles du Parc Marin de la Côte Bleue et de la CQEL 13 (Tab. 1).

Au total, l'échantillonnage retenu pour les analyses statistiques s'est appuyé sur 19 sites répartis sur les trois départements (Tab. 4).

Tableau 4. Sites retenus pour l'étude de l'évolution des limites inférieures des herbiers de Posidonie en région PACA. En bleu : sites du RSP PACA ; En vert : sites du réseau de la CQEL13 ; En rouge : sites du suivi du Parc Marin de la Côte Bleue.

Département	Station	Profondeur	Caractérisation du site
Bouches-du-Rhône	Martigues	19	Sensible
	Carro	22	Intermédiaire
	Carry-le-Rouet	30	Référence
	Niolon	23	Référence
	Marseille-Prado	26	Intermédiaire
	Cassis	24	Référence
	La Ciotat	33	Référence
Var	Le Brusac	31	Référence
	Toulon-Cap Sicié	27	Sensible
	Giens	32	Intermédiaire
	Bormes	37	Référence
	Cavalaire	35	Intermédiaire
	St Tropez	37	Référence
Alpes-Maritimes	Grimaud	21	Référence
	St Aygulf	17	Sensible
	Golfe Juan	31	Sensible
	Antibes	21	Sensible
	Villefranche	16	Intermédiaire

Nous présentons ci-dessous les principales conclusions issues de ce travail.

☞ Tout d'abord, l'analyse des données montre globalement une accélération de la régression des limites inférieures depuis 1990, avec souvent, néanmoins, une alternance de phases de recul et de progression (Boudouresque *et al.*, 2000). Ces régressions concernent l'ensemble de la région PACA et affectent de grandes surfaces. Le mécanisme de régression est, dans tous les cas précédé, par une diminution de la densité, suivi d'un recul de la limite inférieure. **La densité constitue donc un paramètre prédictif de l'évolution de la dynamique des herbiers en limite inférieure (Mayot, 2007).**



☞ **La régression des limites inférieures augmente significativement avec la profondeur (Mayot, 2007).** Les herbiers les plus profonds sont situés proche du point de compensation de la posidonie, c'est-à-dire la profondeur limite à laquelle les mécanismes de la photosynthèse peuvent persister. La densité en faisceaux diminuant avec la profondeur (Pergent *et al.*, 1995), la distance moyenne entre les faisceaux augmente et limite les échanges de polysaccharide (sucres) entre eux. La moindre activité photosynthétique à ces profondeurs associée à une moindre densité rendent alors le phénomène de compensation moins efficient.

☞ **Les herbiers de l'est de la région PACA (Giens à Villefranche) ont plus régressé que ceux de l'ouest (Martigues à Toulon) (Mayot, 2007)** (Fig. 4). Les causes de cette différence ne semblent pas être liées à des facteurs tels que le niveau d'anthropisation ou l'importance des aménagements littoraux. Trois principales hypothèses ont été avancées par Mayot (2007) pour expliquer ce phénomène :

↳ l'apport d'eaux de mauvaise qualité par le courant liguro-provençal, la Côte d'Azur étant plus soumise à l'action de ce courant. Une telle hypothèse avait été avancée à la fin des années 1990 pour expliquer les mortalités massives de gorgonaires sur les faces Est des roches profondes, le long du littoral PACA (Arnoux *et al.*, 1992) ;

↳ l'impact de l'augmentation de la température des eaux méditerranéennes et des variations climatiques plus marqué sur les stations situées à l'Est. Cet impact pourrait avoir un effet direct ou indirect sur la plante (effet négatif sur la mise en réserve de polysaccharides en période estivale) ;

↳ l'existence de modifications des équilibres en nutriments (Azote et Phosphore) fragilisant les herbiers profonds.

L'origine multifactorielle de la régression de la limite inférieure semble très fortement probable. D'autres facteurs de stress (ex : modifications de la transparence de l'eau, des flux sédimentaires) pourraient agir en synergie avec les éléments cités ci-dessus et fragiliser les limites inférieures.

☞ D'un point de vue dynamique, Mayot (2007) a ainsi mis en évidence une alternance des phases de construction de la matrice par des rhizomes plagiotropes (phase de colonisation de l'espace) et de rhizomes orthotropes (phase d'édification de la matrice). Les conditions à l'origine de cette alternance ne sont pas encore élucidées. Elles pourraient être liées à des changements environnementaux (modification des flux sédimentaires) ou à l'existence de cycles physiologiques de *Posidonia oceanica*.

Sur la base de ces conclusions, il apparaît que la poursuite de la collecte de données durant une longue période de temps est souhaitable afin de mieux comprendre les mécanismes à l'origine de la régression des limites inférieures et ainsi mieux prédire l'évolution des herbiers de Posidonie.

Pour cela, Mayot (2007) préconise un protocole simple s'articulant principalement autour de trois paramètres :

- la densité de faisceaux : mesure tous les trois ans au travers d'une méthodologie standardisée ;
- la dynamique des limites des herbiers : évaluation tous les trois ans (progression, stabilité, régression) sur une portion balisée ;
- la lépidochronologie : mesure tous les six ou neuf ans.



Pour compléter les informations apportées par ces paramètres, l'auteur propose en outre, de prendre en compte d'autres paramètres :

- ↳ les carbohydrates stockés dans les rhizomes durant l'été, servant de réserve énergétique à la plante, le reste de l'année ;
- ↳ l'installation de capteurs de mesure en continu de la température et de la lumière pour disposer de jeux de données permettant d'évaluer les évolutions à long terme de ces deux paramètres environnementaux ;
- ↳ l'activité photosynthétique *in situ* en fonction de la température grâce à l'utilisation d'un PAM à fluorescence immergeable (« Pulsed Amplitude Modulated »). Cet appareil permet d'évaluer directement la croissance d'un herbier en fonction de son niveau de photosynthèse, et évite ainsi les prélèvements sur le terrain.

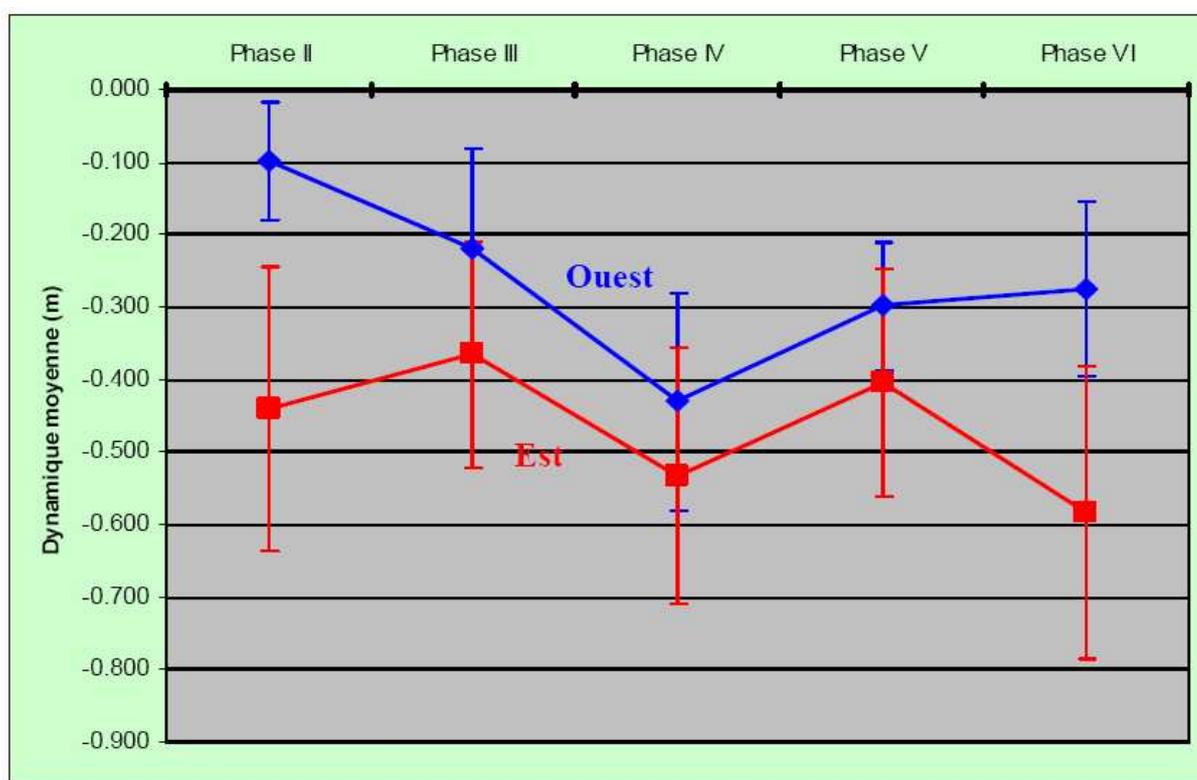


Figure 4. Dynamique moyenne des limites inférieures au cours des phases de suivi II à VI du RSP PACA, en fonction des zones Est et Ouest de la région PACA. Toutes les valeurs négatives correspondent à un recul des limites (*in* Mayot, 2007).

2.2.2. Limite supérieure

Dans le cadre du RSP PACA, deux grands critères ont été pris en compte en limite supérieure :

- ↳ la dynamique de la limite (position de l'herbier par rapport au balisage) ;
- ↳ l'état de l'herbier au travers de divers paramètres : densité, recouvrement, déchaussement, proportion de rhizomes plagiotropes, biométrie foliaire et lépidochronologie.

Le bilan de la disponibilité des données du RSP PACA et les discontinuités temporelles et spatiales importantes entre les phases de suivi, ne permettent pas de tirer de tendances pertinentes à partir des paramètres de déchaussement, de pourcentage de rhizomes plagiotropes, de phénologie et de lépidochronologie. Sur la base des données disponibles et des conclusions obtenues en limite inférieure, nous avons cherché l'existence d'une relation entre l'évolution de la dynamique des limites supérieures et la densité.

2.2.2.1. Dynamique de la limite supérieure

Les résultats du RSP PACA montrent une progression générale continue des limites supérieures des herbiers, depuis une quinzaine d'années. Ainsi, durant la deuxième phase de suivi (1988-1990) 36% des sites présentaient une régression de leur limite, seul 9% se trouvaient en position de progression. A l'inverse, au début de la septième phase (2003), 80% des limites suivies étaient stables ou en progression (Tab. 5). Cette tendance évolutive peut être mise en relation avec l'amélioration du traitement des eaux usées et la baisse des rejets polluants à la mer (Boudouresque *et al.*, 2006). L'année 2003 ne confirme pas cette tendance, mais la phase 7 du RSP PACA n'ayant jamais été terminée, les chiffres ont été calculés à partir de onze sites sur trente trois et ne sont donc pas représentatifs de l'ensemble de la façade.

Tableau 5. Pourcentage de sites suivis par le RSP PACA en limite supérieure en fonction de leur dynamique (d'après Cadiou *et al.*, 2004 complété pour la phase 7). Les trois premières phases sont basées sur l'analyse de photographies aériennes et les trois dernières sur des balisages et des photographies aériennes. La phase 7 est incomplète.

	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6	début Phase 7
	1988-1990	1991-1993	1994-1996	1997-1999	2000-2002	2003
REGRESSION	36%	25%	17%	20%	7%	20%
STABILITE	55%	42%	66%	33%	26%	40%
PROGRESSION	9%	33%	17%	47%	67%	40%

2.2.2.2. Evolution de la densité

Les mesures de densité ont débuté pendant la phase 4 et la phase 5, les données concernent donc une période de 10 ans maximum. Les données n'étant pas disponibles pour certaines phases, nous avons retenu 11 sites comportant suffisamment de données pour permettre d'évaluer l'évolution des densités en limite supérieure (Tab. 6).

Tableau 6. Sites du RSP PACA retenus pour l'étude de l'évolution des limites supérieures des herbiers de Posidonie.

Département	Station	Profondeur	Caractérisation du site
Bouches-du-Rhône	Carry	6m	Sensible
	Marseille	8m	Intermédiaire
Var	Toulon 1	13m	Sensible
	Toulon 2	13m	Sensible
	Giens	6m	Intermédiaire
	Porquerolles	6m	Intermédiaire
	Lavandou	15m	Sensible
	Cavalaire	6m	Référence
	Grimaud	3m	Intermédiaire
Alpes-Maritimes	Cannes	6m	Intermédiaire
	Villefranche	4 à 11m	Sensible

Entre 1994 et 2004, cinq sites situés dans le Var montrent une progression significative de leur densité. Le cas de Carry est quant à lui sujet à discussion. La différence des valeurs de densité entre la phase 4 et les autres est particulièrement élevée (204 faisceaux.m⁻² en 1994 contre 1275 faisceaux.m⁻² en 2003) (Tab. 7). Il est très probable qu'une erreur de calcul se soit produite lors de la conversion des valeurs obtenues à partir des surfaces d'échantillonnage, en faisceaux par mètre carré. En effet, en 1994 les mesures de densité paraissaient avoir été effectuées avec un quadrat de 40 cm x 40 cm, alors que durant les phases suivantes, elles auraient été réalisées avec un quadrat de 20 cm x 20 cm. Néanmoins, l'absence de référence possible aux métadonnées dans les fichiers disponibles ne permet pas de trancher sur ce point. Enfin, alors que les deux sites des Alpes-Maritimes (Cannes et Villefranche) affichent des valeurs de densité en baisse entre 1998 et 2004, les trois derniers sites (Marseille, Porquerolles, Lavandou) ont des valeurs de densité stables.

Cette différence de tendance entre département a également été observée en calculant les valeurs de densité moyenne par département. Alors qu'il n'y a pas de différence significative entre le Var (548 ± 166 faisceaux.m⁻²) et les Bouches du Rhône (630 ± 349 faisceaux.m⁻²), les Alpes-Maritimes ont une valeur moyenne de densité plus basse (370 ± 166 faisceaux.m⁻²). De plus, on observe une différence significative entre la valeur moyenne de densité pour la zone Est de la Côte d'Azur (de la frontière italienne au tombolo de Giens) qui est de 482 ± 192 faisceaux.m⁻² et la zone Ouest du Golfe du Lion (tombolo de Giens à l'Ouest des Bouches du Rhône) avec une valeur de 604 ± 272 faisceaux.m⁻² (Test T, t = 8,157 ; n = 980 et α = 0,05). Bien que la variabilité du facteur densité soit expliquée à 54 % par la profondeur (Pergent *et al.*, 1995), la relation densité-profondeur n'est pas significative pour ces données (Coeff. Pearson = - 0,101). Il semble en revanche, que l'évolution de la densité ne soit pas corrélée aux facteurs locaux, une valeur de densité faible ne s'expliquant pas forcément par des impacts anthropiques locaux forts (émissaires, aménagements côtiers, etc...).



Tableau 7. Densité moyenne des faisceaux en limite supérieure et écart type par phase de suivi. d.m. : données manquantes.

	Phase 4 (1994-1996)	Phase 5 (1997-1999)	Phase 6 (2000-2002)	Début Phase 7 (2003-2004)
Carry	204 ± 39	d.m.	938 ± 208	1275 ± 204
Marseille	467 ± 66	529 ± 85	466 ± 97	513 ± 118
Toulon 1	d.m.	379 ± 98	654 ± 115	669 ± 112
Toulon 2	d.m.	723 ± 130	823 ± 128	743 ± 143
Giens	361 ± 96	393 ± 85	525 ± 96	d.m.
Porquerolles	530 ± 160	391 ± 93	569 ± 102	d.m.
Lavandou	d.m.	347 ± 96	426 ± 145	407 ± 79
Cavalaire	434 ± 63	564 ± 192	563 ± 115	d.m.
Grimaud	438 ± 116	633 ± 164	857 ± 222	d.m.
Cannes	d.m.	608 ± 155	417 ± 117	292 ± 76
Villefranche	d.m.	390 ± 131	267 ± 130	302 ± 124

L'aspect prédictif de la densité sur l'évolution de la limite inférieure (Mayot *et al.*, 2007) ne semble donc pas se confirmer en limite supérieure (Tab. 8). Seuls les sites de Marseille et de Cannes montrent une concordance entre l'évolution de la densité antérieure et la dynamique actuellement observée.

Les différents sites de suivi mis en place en région PACA en limite supérieure montrent dans de nombreux cas que les facteurs environnementaux (hydrodynamisme, mouvements sédimentaires) ont une action prédominante sur l'évolution des limites. De plus, en limite supérieure à l'inverse de la limite inférieure, le traitement de données réalisé dans ce travail s'est appuyé sur un échantillonnage réduit (faible nombre de sites) prenant en compte un recul temporel limité (3 phases de suivi).

Tableau 8. Concordance des valeurs de densité avec l'évolution des limites supérieure. + : augmentation de la densité ; - : baisse de la densité, 0 : stabilité.

	Evolution densité phase n- (n-1)	Dynamique phase n+1	Correspondance densité- dynamique LS
Carry	+	Stabilité	Négative
Marseille	+	Progression	Positive
Toulon 1	+	Stabilité	Négative
Toulon 2	+	Stabilité	Négative
Giens	0	Progression	Négative
Porquerolles	-	Progression	Négative
Lavandou	0	Progression	Négative
Cavalaire	+	Stabilité	Négative
Grimaud	+	Régression	Négative
Cannes	-	Régression	Positive
Villefranche	-	Stabilité	Négative

2.3. Conclusion

L'analyse des 20 ans d'existence du RSP PACA a mis en évidence toute la difficulté de l'organisation d'un suivi à long terme :

- ⇒ rigueur et bonne coordination entre les maîtres d'ouvrage ;
- ⇒ standardisation des méthodes de suivi pouvant évoluer selon l'évolution des connaissances scientifiques ;
- ⇒ bancarisation des données ;
- ⇒ édition et diffusion des données.

Elle amène également à se poser la question suivante : le RSP PACA a-t-il répondu aux objectifs fixés lors de sa mise en place ?

Pour rappel, la mise en œuvre du RSP PACA devait répondre à deux objectifs :

- (i) la surveillance à long terme de l'évolution de l'état des herbiers de Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ;
- (ii) l'utilisation de l'herbier comme indicateur biologique de la qualité globale des eaux littorales.

Le RSP PACA a également répondu à un objectif qui n'avait pas été formulé en tant que tel au démarrage de ce suivi. En effet, le RSP PACA a permis de sensibiliser les services techniques des collectivités publiques, de l'Etat, et surtout les élus et décideurs locaux à la problématique des herbiers de posidonies. De par la vulgarisation des résultats obtenus chaque année lors de réunions de présentation des résultats, et l'édition d'une brochure dédiée au RSP PACA, il a été possible de communiquer sur le rôle des herbiers, leur fragilité et la nécessité de préserver cet écosystème majeur pour la Méditerranée en étant vigilants sur les aménagements littoraux et les rejets urbains notamment.

Les résultats exposés précédemment montrent que le RSP PACA n'a répondu qu'en partie aux objectifs initiaux. Tout d'abord, s'il constitue une série à long terme unique, à l'origine d'autres initiatives de ce genre en Méditerranée, il ne permet d'appréhender que partiellement l'évolution de l'état des herbiers sur 20 ans. **La discontinuité des mesures dans le temps au sein d'une même station, la variabilité des paramètres retenus d'une phase de suivi à l'autre et l'archivage parcellaire des données ne permet de tirer que de grandes tendances concernant la dynamique des limites d'herbier (fig. 5) (Cadiou *et al.*, 2004).**

Concernant le deuxième objectif, les conclusions tirées des séries de données en limite supérieure et en limite inférieure montrent l'interférence des facteurs environnementaux (hydrodynamisme, mouvements sédimentaires...) avec les impacts des activités humaines. De plus, la variabilité des conditions du milieu est à l'origine des régressions des limites inférieures observées depuis une quinzaine d'années, dans des sites pourtant définis comme « stations de référence », c'est-à-dire exempts d'impacts anthropiques. **Si l'herbier intègre les variations de la qualité générale des eaux littorales, son utilisation en tant qu'indicateur biologique est donc limitée, tout au moins avec le seul suivi des paramètres morphologique et structurel de l'herbier.** De nouveaux travaux montrent l'intérêt de la posidonie, en tant que bioconcentrateur, dans le suivi de



la contamination du milieu par les métaux lourds (Romeo *et al.*, 1995 ; Gosselin *et al.*, 2006 ; Lafabrie *et al.*, 2007). Le suivi de cette contamination est intéressant mais elle s'inscrit dans un panel plus large de bioaccumulateurs biologiques ou passifs, actuellement disponibles ou en cours de développement.

D'un point de vue technique, l'organisation du RSP PACA s'appuyait sur un grand nombre d'acteurs de terrain différents. Cette diversité d'opérateurs peut être considérée comme une richesse car le RSP PACA a été un espace d'innovations, le siège de réflexions continues de la part de la communauté scientifique pour mettre au point de nouvelles méthodes pour mieux appréhender les évolutions des herbiers. Bien évidemment, étant dans l'expectative des résultats obtenus, et ayant besoin de plusieurs années de suivi pour commencer à interpréter des résultats et tendances, il est apparu que les données pouvaient être très diverses. Chaque opérateur souhaitant expérimenter ses méthodes. C'est ainsi que peu de paramètres ont été acquis de la même façon, à la même saison, par l'ensemble des opérateurs terrain.

Il est donc évident que si un suivi à long terme devait être poursuivi, l'expérience du RSP PACA permettra d'être vigilant sur l'acquisition des données, les protocoles de suivi standardisés et la bancarisation de toutes les informations.

A partir de ces éléments, il semble que suivre l'évolution **à long terme** des herbiers de posidonies à l'échelle d'une façade n'a d'intérêt que si ce suivi est effectué **uniquement en limite inférieure**, dans des sites où **les impacts des activités humaines sont quasi inexistants**.

Néanmoins, pour comprendre au mieux les phénomènes régissant la croissance des herbiers, ce suivi doit être complété avec les connaissances ponctuelles acquises dans le cadre de différents suivis à l'échelle locale, mais aussi avec les résultats des travaux de recherche menés par la communauté scientifique.

C'est en réunissant l'ensemble de ces connaissances, qu'il sera possible d'appréhender, à une large échelle spatiale, l'importance des changements globaux actuels sur la dynamique des limites inférieures afin de prévoir leur évolution et préciser leur impact dans le cadre de la prise de mesures de gestion des herbiers en tant que patrimoine naturel.



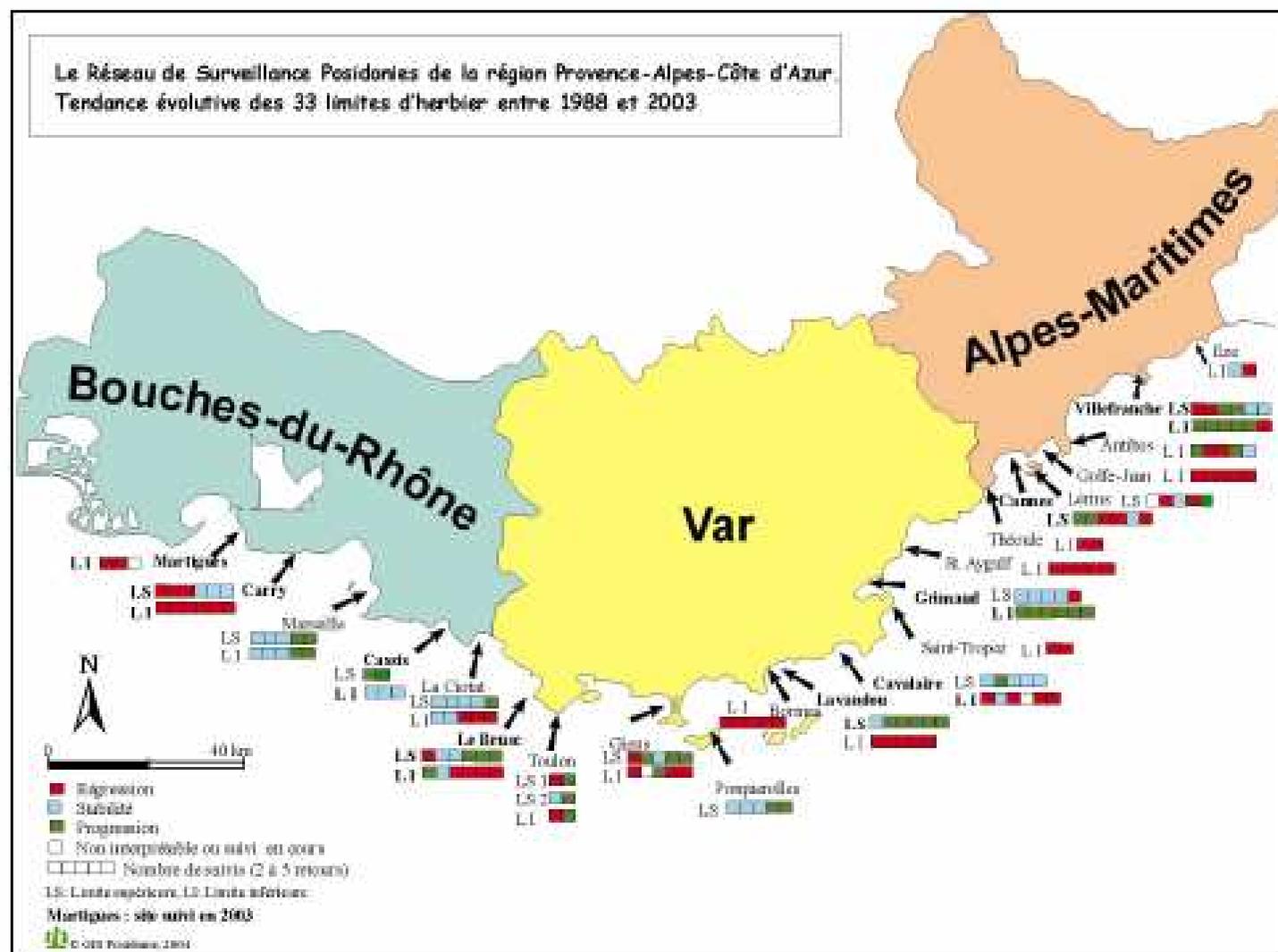


Figure 5. Carte de synthèse concernant l'évolution dynamique, entre 1988 et 2003, des limites des herbiers de Posidonie au niveau des 33 sites d'étude du RSP PACA (in Cadiou *et al.*, 2004).

3. Attentes des gestionnaires de milieu en matière d'organisation de la surveillance des herbiers de Posidonie

Identifier les attentes des gestionnaires mettant en œuvre ces suivis ou utilisant leurs résultats est primordial pour optimiser les mesures de surveillance des herbiers de Posidonie. Dans le cadre de ce travail, nous avons donc engagé, à l'échelle de la façade méditerranéenne (Régions PACA, Languedoc-Roussillon et Corse) une réflexion à ce sujet. Les gestionnaires contactés (annexe 1) ont été sollicités :

- ↳ en tant que maître d'ouvrage (actuel ou potentiel) ;
- ↳ en tant qu'utilisateur des résultats des suivis existants ;
- ↳ en tant que gestionnaire, en attente de conseils techniques pour mettre en œuvre des suivis associés à des mesures de gestion des activités en zone littorale.

Pour cela, deux démarches ont été engagées :

- la réalisation d'une enquête auprès des gestionnaires (envoi d'un questionnaire) ;
- l'organisation d'une réunion en juin 2007 à l'Hôtel de Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, pour présenter les résultats de cette enquête et recueillir les attentes des gestionnaires en matière de suivi des herbiers de Posidonie.

3.1. Avis des gestionnaires sur les suivis des herbiers de Posidonies mis en œuvre

L'enquête a été réalisée au travers de l'envoi par courriel de questionnaires auprès de 36 gestionnaires de milieu marin en mai 2007. Ces questionnaires comprenaient quatre grands items (annexe 2) :

- A- l'utilisation des données du RSP PACA ;
- B- l'utilisation de la méthodologie RSP PACA pour la mise en place d'autres points de suivi ;
- C- leurs attentes concernant la bancarisation des données ;
- D- leurs attentes vis à vis d'un Réseau de Surveillance Posidonie « nouvelle génération ».

Les réponses aux questionnaires ont été compilées à l'aide d'un tableur puis traitées à l'aide du logiciel R© (www.r-project.org). Sur les 36 questionnaires envoyés, 21 ont été retournés remplis. Le détail de ces réponses est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 9. Principaux résultats de l'enquête concernant le suivi des herbiers de Posidonie. Les chiffres donnent le nombre de questionnaires concernés.

	Questionnaires retournés	Utilisateurs du RSP PACA			Accès aux résultats du RSP PACA			
		Utilisateurs des données	Utilisateurs satisfaits	Utilisateurs méthodologie RSP	Très satisfaisant	Satisfaisant	Assez satisfaisant	Médiocre
Total	21	15	9	8	1	4	7	1
Région PACA	15	11	6	6	1	3	6	1
Région LR	4	3	2	0	0	0	1	0
Région Corse	2	1	1	2	0	1	0	0

Les réponses fournies dans le cadre de l'enquête montrent que 71 % des gestionnaires utilisent les données issues d'un réseau de surveillance des herbiers de Posidonie. Il s'agit principalement de celles acquises dans le cadre du RSP PACA.

En effet, le RSP Corse a été mis en place récemment. Trois phases d'installation et d'acquisition de données ont été réalisées pour l'instant (Pergent *et al.*, 2004, 2005).

Enfin en Languedoc-Roussillon, il n'existe que deux points de suivis : Cap d'Agde et Réserve Naturelle de Banyuls.

Parmi les gestionnaires qui utilisent les données du RSP PACA, 60 % des gestionnaires qui se sont exprimés se déclarent satisfaits par ces résultats (Fig. 6).

La plupart des gestionnaires consultés (57%) ont mis en place des points de suivi des herbiers de Posidonie en plus des sites intégrés dans le RSP PACA. La mise en place de ces points répond aux besoins suivants :

- ↳ Suivis des impacts de pressions anthropiques sur les herbiers de Posidonie (STEP, aménagements littoraux, zones de mouillage de bateaux, chalutage illégal...);
- ↳ Suivi des herbiers en tant que patrimoine naturel et caractérisation de leur état de conservation (sites Natura 2000, Aires Marines Protégées);
- ↳ Suivi de la qualité des eaux littorales (la posidonie étant utilisée en tant que bioindicateur).

Les méthodes mises en œuvre sont pour la plupart (68% des suivis) issues du protocole technique du RSP PACA (Charbonnel *et al.*, 2000). D'autres protocoles sont appliqués dans 25% des cas (cartographie par sonar latéral, cartographie par télémétrie acoustique, mise en place de transects,...) et 17% appliquent une méthodologie issue du protocole technique du RSP Corse (Pergent *et al.*, 2004).

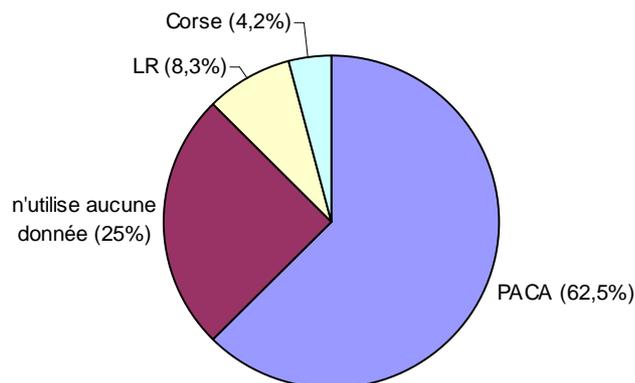
L'accès aux données acquises entre 1984 et 2002 est considéré par 33% des gestionnaires comme moyennement satisfaisant et ce malgré la mise en ligne des derniers rapports et des couches SIG, sur le site du CRIGE PACA (Centre Régional de l'Information Géographique) PACA). Les gestionnaires sont demandeurs :

- ↳ de résultats à la fois techniques et appliqués à la gestion sous la forme de cartes synthétiques;
- ↳ des résultats concernant la dynamique des herbiers;
- ↳ et de documents de vulgarisation des données.

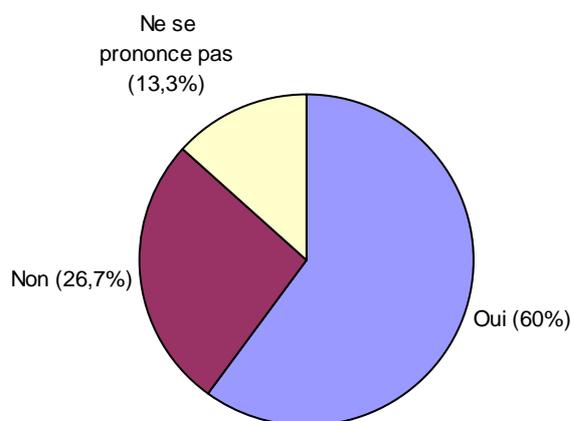
La diffusion de ces résultats devant se faire par la mise à disposition sur Internet et nécessite donc une bancaisation adaptée.



Quels sont les utilisateurs des données issues du RSP PACA ?



Les résultats du RSP PACA ont-ils répondu à vos attentes ?



Comment jugez vous l'accès aux données acquises jusqu'à présent ?

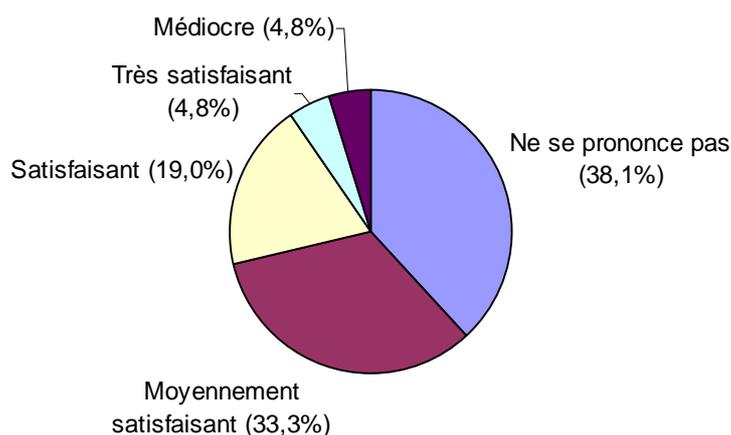


Figure 6. Synthèse des résultats de l'enquête réalisée auprès des gestionnaires du milieu marin concernant le RSP PACA, en juin 2007.

3.2. Attentes des gestionnaires pour l'optimisation de la surveillance des herbiers

Au cours de la réunion de présentation des résultats de l'enquête, les gestionnaires de milieu ont précisé leurs attentes pour une optimisation de la surveillance des herbiers de Posidonie, en terme d'objectifs, d'interprétation des données et de diffusion des résultats.

Le retour d'expérience des gestionnaires montre que les suivis des herbiers apportent certains éléments de réponse mais ne peuvent en aucun cas, répondre à toutes les questions. En fonction des objectifs visés, il est donc nécessaire de rechercher des informations sur d'autres paramètres (environnementaux, prise en compte d'autres bio-indicateurs,...) à travers diverses échelles : locales, régionales, interrégionales.

Il est même fréquent que les paramètres étudiés ne soient pas du tout adaptés pour apporter une réponse précise aux problématiques posées par les gestionnaires. Ce n'est donc pas l'outil qui est en cause mais le choix de cet outil.

Pour les gestionnaires de milieu marin, les herbiers de Posidonie sont généralement suivis en tant qu'indicateur de la qualité globale du milieu et en tant que écosystème naturel protégé (suivi patrimonial). Néanmoins, il ressort des discussions que la plupart des gestionnaires a des difficultés à choisir les paramètres à étudier notamment pour répondre aux demandes réglementaires.

Concernant la surveillance des herbiers de posidonie, quatre objectifs ont été dégagés par l'ensemble des personnes (gestionnaires, partenaires institutionnels, scientifiques). Les suivis des herbiers doivent ainsi :

1- apporter des éléments permettant d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement d'un habitat prioritaire (suivi à long terme) ;

ou

2- permettre d'évaluer l'impact de pressions locales (chalutage, mouillages, rejets,...) en tenant compte des données globales ;

ou

3- permettre de répondre à la réglementation en vigueur (suivis obligatoires) ;

et/ou

4- permettre une sensibilisation du grand public, des techniciens et des décideurs.

Pour atteindre ces objectifs, les gestionnaires attendent la production de protocoles standardisés, notamment pour les objectifs 2 et 3 qui les concernent directement.

En terme de diffusion des données, l'accent est porté sur trois points essentiels : (i) l'accessibilité de toutes les données recueillies, (ii) la mutualisation de ces données et, (iii) la production de documents de synthèse sur l'état des herbiers à l'échelle des façades concernées (Languedoc-Roussillon, PACA et Corse).

L'aboutissement de cette demande passe par trois étapes :

⇒ le libre accès aux données,

⇒ le regroupement de toutes les données au sein d'une même banque de données (90% de ceux qui possèdent des points de suivi sont d'ailleurs prêt à banqueriser leurs données),



⇒ la mise en ligne des données et résultats sur Internet, ouvert à la sphère publique.

En terme de résultats, les attentes sont donc à la fois fondamentales et appliquées :

- ↳ l'identification des causes de l'évolution des herbiers au cours du temps ;
- ↳ la production de cartographies générale et locale des herbiers de Posidonie associées à leur état de vitalité ;
- ↳ la production à intervalle régulier de documents synthétiques et de vulgarisation pour les décideurs, les gestionnaires et le grand public.

Le document « Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica* » édité par RAMOGE et réalisé en partenariat avec le GIS Posidonie et la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Boudouresque *et al.*, 2006) apporte déjà de nombreux éléments de réponse aux gestionnaires. Cependant, il manque un protocole standardisé permettant de définir les paramètres à étudier en fonction des objectifs poursuivis.

4. Optimisation de l'organisation de la surveillance des herbiers de Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

En conclusion des réflexions exposées précédemment, l'analyse générale de la surveillance des herbiers de Posidonie sur la façade méditerranéenne française montre la nécessité d'optimiser son organisation, tant au niveau des objectifs poursuivis, des méthodologies mises en œuvre, de la bancarisation des données et de la diffusion des résultats.

4.1. Organisation de la surveillance des herbiers en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

L'évaluation de l'état des herbiers de Posidonie à une échelle locale passe nécessairement par une compréhension de leur évolution à une échelle plus large. A ce titre, le partage des réflexions, la mise en commun des connaissances, la mise en cohérence des méthodes et la mutualisation des moyens est une étape incontournable. Pour ce faire, il est important que tous les acteurs concernés par cette thématique de suivi des herbiers de Posidonie puissent se rencontrer pour travailler en partenariat. **C'est cette rencontre d'acteurs qui pourrait constituer le Réseau de Surveillance Posidonie « nouvelle génération ».**

Ce réseau pourrait réunir tous les partenaires impliqués dans le suivi des herbiers de Posidonie, qu'ils soient institutionnels, gestionnaires ou scientifiques, à savoir (Figure 7) :

- ↳ les partenaires des suivis engagés au titre de la DCE (contrôle de surveillance et contrôle opérationnel) ;
- ↳ les maîtres d'ouvrage des études d'impact faisant l'objet de surveillance réglementaire engagée au titre de la protection des herbiers ;
- ↳ les opérateurs et partenaires des démarches de caractérisation des sites Natura 2000 en mer (suivi patrimonial) ;
- ↳ les partenaires engagés dans les démarches de Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) ayant un volet littoral (Schéma de Mise en Valeur de la Mer) prévu par la loi



SRU du 13 décembre 2000 (politique d'aménagement local et développement durable) ;

↳ les gestionnaires de milieu porteurs de politiques volontaristes (communes, inter-communalités, services de l'Etat, gestionnaire d'aires marines protégées...);

↳ les scientifiques des laboratoires de recherche engagés dans des programmes scientifiques, visant à une amélioration des connaissances scientifiques des herbiers ;

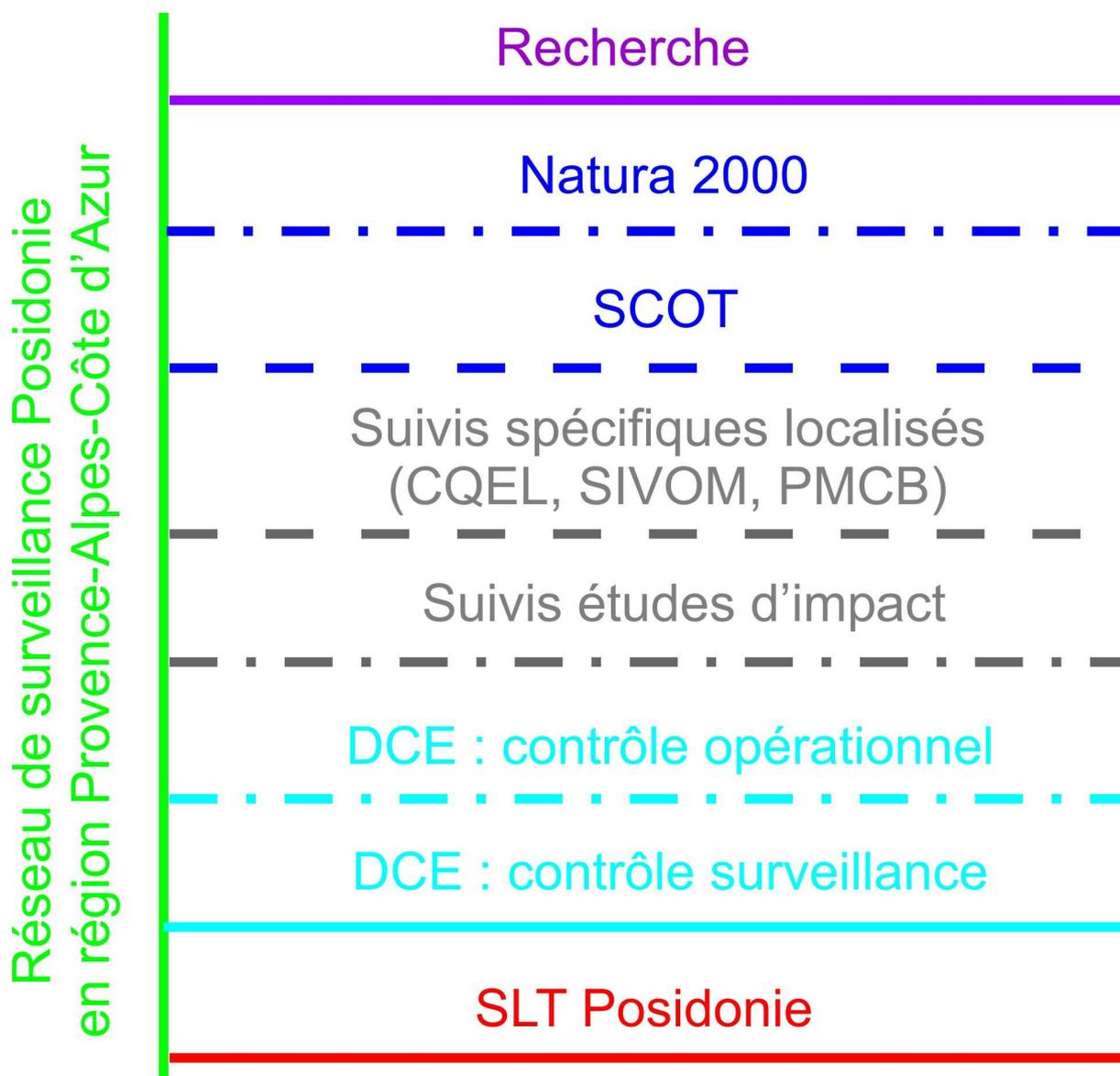


Figure 7. Schéma de l'organisation générale d'un nouveau Réseau de Surveillance Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Tous ces acteurs mettent en œuvre, d'une façon générale, des suivis des herbiers de Posidonie. L'objectif de ce Réseau de Surveillance Posidonie « nouvelle génération » serait de réunir tous ces acteurs et rassembler toutes les données recueillies à diverses échelles pour une interprétation des résultats à différents niveaux, selon les objectifs poursuivis.



Pour ce faire, il est important que ces acteurs se mettent d'accord au préalable sur les objectifs partagés dans ce réseau, et qu'ils acceptent de centraliser leurs données pour que chacun puisse les exploiter si nécessaire. C'est cette mise en commun de résultats obtenus à différentes échelles qui permettra d'interpréter les évolutions des herbiers de Posidonie.

Il est donc important que tous les acteurs utilisent de façon consensuelle, des méthodes standardisées pour recueillir les données et les bancariser selon un format défini en accord avec tous les partenaires. Une banque de données RSP « nouvelle génération » pourrait ainsi réunir les données issues des divers suivis mis en œuvre le long du littoral PACA ou de la façade méditerranéenne française (l'échelle restant à définir), après accord des maîtres d'ouvrage. Cette bancarisation à grande échelle permettrait de disposer d'un nombre considérable de données qui pourront être exploitées par chacun des acteurs, et notamment la communauté scientifique, pour poursuivre la compréhension de l'évolution des herbiers de Posidonie. A ce jour, il semble que la banque de données Quadrige2 offre ces possibilités. Le « Guide méthodologique et technique de suivi des herbiers à *Posidonia oceanica* » permettra de préciser les modalités de saisie et d'acquisition des données dans Quadrige2.

Pour compléter ce dispositif, il serait nécessaire qu'un protocole de méthodes standardisées soit mis à la disposition de tous les maîtres d'ouvrage potentiels. Ce document, qui pourra devenir un « Guide méthodologique et technique de suivi des herbiers à *Posidonia oceanica* » sera complémentaire de l'ouvrage édité par RAMOGE « Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica* » et réalisé en partenariat avec le GIS Posidonie et la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Boudouresque *et al.*, 2006). Ce guide pourrait proposer une entrée en fonction des objectifs poursuivis dans le cadre d'un suivi patrimonial, d'un suivi réglementaire ou autre. Selon les objectifs poursuivis, différents paramètres adaptés seraient proposés. Ce guide sera réalisé en partenariat avec l'ensemble des acteurs du Réseau de Surveillance Posidonie « nouvelle génération » qui le souhaite. Ce guide comprendra bien sûr les protocoles déjà en vigueur et validés comme les contrôles mis en œuvre dans le cadre de la DCE par exemple.

4.2. Série à long Terme (SLT) Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

4.2.1. Intérêt de la mise en place d'une Série à Long Terme (SLT)

L'analyse des résultats issus du RSP PACA a montré l'importance des hypothèses liées aux changements environnementaux globaux pour expliquer l'évolution des limites inférieures des herbiers de Posidonie depuis 20 ans. Ces hypothèses apportent un éclairage nouveau sur l'impact des variations environnementales liées à un contexte global, impact indépendant de celui des activités humaines au niveau local.

Seule la mise en place d'une Série à Long Terme (SLT) permettrait d'évaluer les modifications lentes au sein des écosystèmes et de comprendre les mécanismes mis en jeu notamment au regard des modifications environnementales.

De plus, certains gestionnaires de milieu ont manifesté l'intérêt d'acquérir de la donnée sur du long terme concernant la distribution (cartographie) et l'état de vitalité des herbiers de la région PACA, afin de pouvoir évaluer l'impact économique et écologique d'un évènement catastrophique.



Si les aspects cartographiques sont pris en charge au travers de diverses actions menées au plan national (Natura 2000, MEDBENTH), la mise en place d'une SLT permettrait d'apporter des éléments complémentaires concernant la vitalité des herbiers. En effet, le réseau MEDBENTH a pour objectif de réaliser une compilation de toutes les cartographies des biocénoses réalisées à ce jour de la façade méditerranéenne française.

La mise en place d'une SLT « Posidonie » en région Provence-Alpes-Côte d'Azur pourrait s'attacher à suivre sur une longue période de temps (échelle décennale) des sites localisés en zones dites de « référence » en 2008. A ce titre, la SLT apporterait des informations sur l'évolution des limites inférieures des herbiers, en zones peu ou non anthropisées (« bruit de fond »). Par conséquent, la mise en place de cette SLT pourrait :

- (i) constituer un suivi patrimonial (évolution d'un habitat prioritaire et protégé) ;
- (ii) compléter les données apportées par les autres suivis des herbiers de Posidonie ;
- (iii) fournir des éléments de connaissance de la dynamique des herbiers à une échelle régionale permettant d'adapter au mieux les mesures de gestion prises à un échelon local.

4.2.2. Les sites d'étude

Deux réseaux majeurs prennent en compte l'évaluation de l'état des herbiers de Posidonie à l'échelle de la façade régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur, un réseau répondant à des obligations réglementaires :

- le contrôle de surveillance de la Directive Cadre sur l'Eau ;

et un réseau mis en œuvre selon une politique volontariste de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur :

- le Réseau de Surveillance Posidonie (RSP PACA).

Les résultats issus du Réseau de Surveillance Posidonie ont montré l'intérêt de suivre les limites inférieures car ils mettent en évidence un impact probable mais inattendu des changements climatiques ; d'où la nécessité de poursuivre cette action afin de prévoir l'évolution de ces limites. La figure 8, présente la distribution des sites de suivi concernant (i) le contrôle de surveillance de la DCE, (ii) les points de suivi en limite inférieure du RSP PACA.

La figure 8 présente la distribution des sites de suivi concernant (i) le contrôle de surveillance de la DCE (ii) les points de suivi en limite inférieure du RSP PACA. Cette figure montre à la fois la bonne complémentarité spatiale de ces deux réseaux de surveillance, en terme de distribution le long du littoral mais également d'un point de vue bathymétrique. En effet, les mesures des paramètres de vitalité se font à -15m pour les points DCE, alors que les points suivis en limite inférieure dans le RSP PACA varient de -18m à -37,5 m.

Néanmoins, on note une concentration des points de surveillance dans les Bouches-du-Rhône et le Var (à l'Ouest de St Tropez). Cette situation est particulièrement marquée pour ce qui concerne les sites de « référence » du RSP PACA permettant d'évaluer le « bruit de fond » de l'évolution des herbiers.

Enfin, le pas d'échantillonnage de ces deux réseaux est le même tous les trois ans pour chaque station, permettant une meilleure mutualisation des résultats obtenus par ces deux réseaux ; à condition que les périodes d'observations soient similaires, soit en avril.





Figure 8. Répartition des sites de suivi du réseau de surveillance DCE (étoile verte) et des limites inférieures suivis par le RSP PACA (ronds gris, bleus et rouges).

Le RSP PACA mis en place en 1984 comptait en 2003 (dernière phase de suivi) 33 sites (15 en limite supérieure et 18 en limite inférieure) au sein desquels les paramètres suivis étaient variables d'une phase à l'autre. Ces sites se situaient dans des zones de références, intermédiaires et impactées.

Dans le cadre de la mise en place d'une SLT axée sur le suivi des herbiers en limite inférieure, dans des secteurs peu ou pas anthropisés, le nombre de sites sera réduit aux seules zones de « référence », tout en maintenant une répartition équitable sur les trois départements de la région PACA. Ce nombre pourra évoluer en fonction des tendances observées au fur et à mesure des campagnes à venir. Dans un premier temps, nous proposons un nombre total de 10 sites en limite inférieure.

Ces sites sont définis selon trois critères de base :

- la présence d'un herbier de « référence » (peu ou pas impactés par les activités humaines) ;
- la prise en compte d'un même type d'herbier (herbier sur sable) ;
- l'exclusion des îles situées au large (îles du Soleil), compte tenu des questions posées concernant leur typologie (caractère insulaire ou continental non définitivement tranchée, Pergent-Martini, Comm. Pers., travaux d'intercalibration dans le cadre de la DCE).

Le choix de ces nouvelles stations s'appuie donc sur :

- (i) la synthèse des résultats des réseaux de surveillance des herbiers en région PACA (cf. § 4.1), notamment la répartition des sites suivis dans le cadre de la DCE et les sites de référence du RSP PACA retenus par Nicolas Mayot (existence de données fiables sur plusieurs années) ;
- (ii) les travaux de cartographie récents disponibles sur les trois départements ;
- (iii) l'ensemble des données publiées ou non (connaissance des structures de gestion locales), concernant les usages le long de la bande côtière (pêche, mouillage forain, chalutage).

Au final, nous proposons trois sites dans le département des Bouches-du-Rhône, quatre dans le Var et trois dans les Alpes-Maritimes (Tab. 10). L'analyse de l'organisation actuelle de la surveillance des herbiers de Posidonie montre la déficience de stations dans les Alpes-Maritimes. Elle montre également la bonne complémentarité spatiale, dans certains secteurs littoraux, entre le réseau du contrôle de surveillance de la DCE, prenant en compte la profondeur intermédiaire (-15m), et les sites du RSP PACA, prenant en compte la limite inférieure et bénéficiant d'une bonne continuité dans les séries de données. Cette analyse a ainsi permis de retenir six sites de l'ancien RSP (Carry, La Ciotat, Brusç, Bormes, St Tropez, Eze) et de proposer quatre nouveaux sites (Riou, St Raphael, Théoule, Cap d'Antibes). Le choix de ces nouveaux sites s'est appuyé sur une bonne connaissance générale des herbiers, au travers de différentes études dans le cadre de la mise en place de la DCE, de la réalisation de documents d'objectifs des sites Natura 2000 et de proposition de mesures de gestion de la bande littorale par les collectivités locales (Bonhomme *et al.*, 1999 ; Bonhomme *et al.*, 2001a, 2005a ; Cadiou *et al.*, 2006 ; Holon & Descamps, 2007).



Tableau 10. Sites proposés dans le cadre de la série de surveillance à long terme Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. RSP : ancien site RSP (1984-2004) ; NSI : nouveau site.

Département	Sites	Profondeur	Caractéristique
Bouches-du-Rhône	Carry	-30m	RSP
	Riou	-30m	NSI
	La Ciotat	-32m	RSP
Var	Brusc	-32m	RSP
	Bormes	-38m	RSP
	St Tropez	-37m	RSP
	St Raphael	-25m à -35m	NSI
Alpes-Maritimes	Théoule	-25m à -35m	NSI
	Cap d'Antibes	-25 à -30m	NSI
	Eze	-32m	RSP





Figure 8. Sites de suivi en limite inférieure d'herbier proposés dans le cadre de la mise en place d'une Série à Long Terme Posidonie en région PACA. RSP : limite inférieure suivie dans le cadre du RSP PACA (1984-2004) ; NSI : nouveau site proposé. En Vert : sites suivis dans le RSP PACA jusqu'en 2004 ; En Rouge : nouveaux sites proposés dans le cadre de la SLT Posidonie.

4.2.3. Protocole méthodologique

4.2.3.1. Les descripteurs de l'état des herbiers de Posidonie

Les études menées sur *Posidonia oceanica* depuis ces 20 dernières années ont permis de définir différents descripteurs de l'état des herbiers. Une enquête réalisée auprès de la communauté scientifique a identifiée ceux qui sont le plus largement utilisés (Pergent *et al.*, 2005). Ce travail a mis en évidence :

- la diversité des paramètres ;
- la quasi-absence de standardisation pour leur acquisition ;
- le manque d'échelle d'interprétation ;
- l'importance de la saison et de la bathymétrie comme source de variabilité ;
- les temps de réponse aux variations des conditions environnementales.

Onze grandes catégories de descripteurs peuvent être identifiées. La prise en compte simultanée de ces différents paramètres permet d'accéder à différentes échelles d'informations : (i) l'écosystème, (ii) l'herbier, (iii) et l'individu (échelle du faisceau). Seule cette approche à des échelles différentes permet d'appréhender dans son ensemble, l'état de conservation des herbiers de Posidonie (Boudouresque *et al.*, 2007). Enfin, au cours du programme Interreg IIIB « Posidonia », le groupe de travail « bioindicateur » a également identifié de nouveaux paramètres permettant d'accéder à des informations concernant l'enrichissement et la contamination de l'environnement (Tab. 11).

Tableau 11. Principaux descripteurs utilisés pour décrire l'état des herbiers de Posidonie.

Catégorie	Descripteurs	Niveau d'information	
Limite supérieure	Position bathymétrique	Structure de l'écosystème/herbier	
Limite inférieure	Position bathymétrique Type		
Densité	Densité de faisceaux/unité de surface		
Recouvrement	% de recouvrement du substrat		
Structure de la matte	% de rhizome plagiotropes		
	Compacité		
	Enfouissement/Déchaussement		
	Biodiversité de l'endofaune		
Espèces associées	Ichtyofaune		
Biométrie foliaire	Surface foliaire		Structure de la Plante
	% de nécroses		
	Coefficient A		
Lépidochronologie	Nombre de feuilles		
	Production annuelle		
	Vitesse de croissance des rhizomes		
Composition chimique	Carbohydrate et teneur en CNP		
	Phénols et enzymes de stress		
Contamination	Concentration en métaux traces (Ag, Cd, Pb, Hg, Cu)	Environnement	
Enrichissement	Rapport Epiphyte/Feuille		
	Concentration en Chlorophylle		
	Matière organique dans le sédiment		

Dans le cadre de la mise en place du contrôle de surveillance de la DCE, Romero *et al.* (2007) ont retenu 10 de ces paramètres afin de qualifier l'état des herbiers des masses d'eaux côtières de Catalogne. Ces paramètres ont été classés en quatre types :

- ↳ Descripteurs structuraux : densité et recouvrement ;
- ↳ Descripteurs morphologiques : surface foliaire et % de nécrose ;
- ↳ Descripteur de la communauté : couverture épiphytique et concentration en azote dans les épiphytes ;
- ↳ Descripteurs physiologiques : concentration en sucre dans les rhizomes, teneurs en azote et phosphore, $\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{34}\text{S}$, métaux traces (Cu, Zn et Pb).

En dehors des réseaux DCE, les réseaux de surveillance, mis en place en Méditerranée ces 20 dernières années (RSP PACA, RSP Corse, RSP Catalogne et RSP Ligurie), ont utilisé trois grands types de descripteurs :

- ↳ les descripteurs de la dynamique des herbiers ;
- ↳ les descripteurs de la vitalité de la plante ;
- ↳ les paramètres environnementaux.

Parmi eux, seuls les descripteurs de l'herbier ont été pris en considération dans l'ensemble des réseaux, à chaque retour sur site (Tab. 12) :

- (i) le type de limite/type d'herbier ;
- (ii) la dynamique des limites ;
- (iii) densité des faisceaux ;
- (iv) le recouvrement ;
- (v) le déchaussement.

Selon les descripteurs, l'échantillonnage (nombre de réplicats, périodicité de la mesure) et la méthodologie (surface d'échantillonnage, approche technique) diffèrent néanmoins d'un réseau à l'autre.

Les descripteurs de l'état de la plante (phénologie et lépidochronologie) ne sont, quant à eux, utilisés que par les deux réseaux français (RSP PACA et RSP Corse) (Tab. 13). Dans le cas du RSP PACA, il est à noter que ces paramètres ont été pris en compte ponctuellement dans le temps (certaines phase de suivi) et au niveau de certains sites.

Les descripteurs environnementaux comme la température et la sédimentologie sont partiellement pris en compte dans l'ensemble des réseaux à l'exception du réseau Catalan (Tab. 14). Toutefois ces paramètres sont considérés comme des compléments d'informations dans le RSP PACA et ne sont donc pas pratiqués en routine sur l'ensemble des sites. Dans le cas du suivi de la température, des mesures ponctuelles périodiques sont réalisées dans le RSP Ligurie. Il est à noter également que dans le cadre de suivis d'herbiers, certaines mesures sont réalisées en continu à l'aide d'enregistreurs automatisés (ex : suivi du Parc National de Port-Cros).

Enfin, les paramètres physiologiques, tels que la concentration en sucrose dans les rhizomes constituent une approche nouvelle pour l'évaluation de l'état des herbiers de Posidonie (Alcoverro *et al.*, 1999 ; Alcoverro *et al.*, 2001). Aucun réseau de surveillance ne les prend en compte pour l'instant. Ils sont toutefois utilisés en Catalogne (sucrose) dans le cadre des suivis mise en œuvre au titre du contrôle de surveillance de la DCE (Romero *et al.*, 2007).

Tableau 12. Synthèse des paramètres **descripteurs de l'herbier** utilisés par les Réseaux de Surveillance Posidonie en Méditerranée.

PARAMETRES		RSP PACA	RSP Corse	RSP Catalogne	RSP Ligurie
Type de limite ou type d'herbier		Limite progressive, franche, érosive, régressive	Limite progressive, franche à fort recouvrement, franche à faible recouvrement, clairsemée et régressive	Herbier polygonal, fragmenté, mixte	Limite progressive, franche, érosive, régressive
Dynamique des limites		<u>LS</u> : Photographie aérienne + 10 à 12 balises/sites <u>LI</u> : 10 à 12 balises/sites	<u>LS</u> : Photographie aérienne <u>LI</u> : 11 balises/site	<u>LI, LS et PI</u> : Piquets de 2 m marquant les limites et le point central	<u>LS et LI</u> : 10 balises <u>PI</u> : 1 piquet
Densité (Nombre de faisceaux de feuilles par m²)	<i>Echantillonnage</i>	<u>LS et LI</u> : 3 mesures par balise (tous les 3 ans)	<u>LS et LI</u> : 3 mesures par balise (tous les 3 ans)	<u>PI</u> : 3 transects de 10m partant du point central (3 mesures/transects) (tous les ans)	<u>LS, LI et PI</u> : 5 mesures en arrière du balisage ou autour du piquet (tous les ans)
	<i>Méthodologie</i>	Quadrat de 20 cm x 20 cm	Quadrat de 20 cm x 20cm	Quadrat de 40 cm x 40 cm	Quadrat de 40 cm x 40 cm
Recouvrement	<i>Définition</i>	Pourcentage de couverture des feuilles de posidonie	Pourcentage de couverture des feuilles de posidonie	Pourcentage de couverture des faisceaux foliaires	Pourcentage de couverture des feuilles de posidonie
	<i>Echantillonnage</i>	<u>LS et LI</u> : 3 mesures par balise (tous les 3 ans)	<u>LS et LI</u> : 1 mesure par balise (tous les 3 ans)	<u>PI</u> : 3 transects de 10m partant du point central (5 mesures/transects) (tous les ans)	<u>LS, LI et PI</u> : 5 mesures en arrière du balisage ou autour du piquet (tous les ans)
	<i>Méthodologie</i>	Mesure par plongeur du recouvrement à la verticale, à 3 m du fond, avec une plaque transparente de 30 cm x 30 cm (9 carreaux)	Mesure estimée sur des prises de vue verticales réalisées sur une surface d'1m ² en arrière de la balise	Mesures effectuée dans un quadrat de 40 cm x 40 cm subdivisé en 4	Estimation visuelle du recouvrement avec un pas de 5 à 10%
Pourcentage de rhizomes plagiotropes traçants	<i>Echantillonnage</i>	<u>LS et LI</u> : 3 mesures par balise (tous les 3 ans)	<u>LS et LI</u> : 3 mesures par balise (tous les 3 ans)	-	<u>LS et LI</u> : 5 mesures par site (tous les ans)
	<i>Méthodologie</i>	% de rhizomes plagiotropes dans les quadrats utilisés pour la densité	% de rhizomes plagiotropes dans les quadrats utilisés pour la densité	-	% de rhizomes plagiotropes dans les quadrats utilisés pour la densité
Déchaussement	<i>Définition et Méthodologie</i>	Distance (en cm) qui sépare le sédiment et les rhizomes	Distance (en cm) qui sépare le sédiment et les rhizomes	Distance (en cm) qui sépare le sédiment et les rhizomes	Distance (en cm) qui sépare le sédiment et les rhizomes
	<i>Echantillonnage</i>	5 mesures par balise (tous les 3 à 6 ans)	5 mesures par balise (tous les 3 ans)	<u>PI</u> : 3 transects de 10m partant du point central (3 mesures par transect) (tous les ans)	<u>LS, LI et PI</u> : 5 mesures en arrière du balisage ou autour du piquet (tous les ans)

Tableau 13. Synthèse **des paramètres de la plante** utilisés par les Réseaux de Surveillance Posidonie en Méditerranée.

		RSP PACA	RSP Corse
Phénologie	<i>Echantillonnage</i>	Prélèvement de minimum 10 rhizomes orthotropes (échantillonnage en complément sur certains sites)	Prélèvement de minimum 10 rhizomes orthotropes (tous les 3 ans)
	<i>Méthodologie</i>	<u>Protocole de Giraud (1977)</u> : nb de feuilles/faisceau, indice foliaire, coefficient A	<u>Protocole de Giraud (1977)</u> : nb de feuilles/faisceau, indice foliaire, coefficient A
Lépidochronologie	<i>Echantillonnage</i>	Prélèvement de minimum 10 rhizomes orthotropes (échantillonnage ponctuel en complément sur certains sites)	Prélèvement de minimum 10 rhizomes orthotropes (tous les 3 ans)
	<i>Méthodologie</i>	<u>Protocole de Pergent (1987)</u> : Détachement des écailles des rhizomes, reconstitution des cycles foliaires, mesure de la croissance des rhizomes	<u>Protocole de Pergent (1987)</u> : Détachement des écailles des rhizomes, reconstitution des cycles foliaires, mesure de la croissance des rhizomes

Tableau 14. Synthèse des **paramètres environnementaux** utilisés par les Réseaux de Surveillance Posidonie en Méditerranée. LS : limite supérieure de l'herbier, LI : limite inférieure de l'herbier.

		RSP PACA	RSP Corse	RSP Ligurie
Analyse du sédiment	<i>Définition</i>	Analyse de la granulométrie et de la matière organique totale	Analyse de la granulométrie et de la matière organique totale	Analyse de la granulométrie, micropolluants
	<i>Echantillonnage</i>	Uniquement en LI (échantillonnage ponctuel en complément sur certains sites)	En LI et en LS (tous les trois ans)	Mesure effectuée dans le cadre du Réseau de surveillance du milieu marin en Ligurie (tous les ans)
	<i>Méthodologie</i>	Prélèvement d'une carotte sur une épaisseur de 10cm. Détermination de la MO par calcination et analyse granulométrique selon norme AFNOR	Prélèvement d'une carotte sur une épaisseur de 10cm. Détermination de la MO par calcination et analyse granulométrique selon norme AFNOR	Une à deux carottes de 10cm prélevé par site
Température	<i>Echantillonnage</i>	Capteur automatisé placé au niveau du balisage sur certains sites dans les Alpes Maritimes	-	Mesure effectuée dans le cadre du Réseau de surveillance du milieu marin en Ligurie
	<i>Méthodologie</i>	Une mesure par heure	-	Mesure de profil à la sonde deux fois par mois

4.2.3.2. Choix des descripteurs appliqués à une Série à Long Terme Posidonie PACA

D'une manière générale, les méthodes mises en œuvre dans les différents suivis des herbiers de Posidonie prennent en compte deux grandes catégories deux niveaux d'information :

- le suivi de la dynamique des limites supérieures (LS) et inférieures (LI) ;
- le suivi de paramètres de vitalité de la plante en limite d'herbier et/ou en profondeur intermédiaire.

Les travaux engagés ces dernières années sur les herbiers de Posidonie en région PACA permettent d'avoir une vision critique sur la robustesse des différents paramètres pris en compte jusqu'à présent dans les réseaux de surveillance (Ganteaume *et al.*, 2005 ; Leriche *et al.*, 2006 ; Mayot *et al.*, 2005, 2006). Le groupe de travail « surveillance » du programme Interreg III B « Posidonia » a également apporté des éléments d'analyse sur l'intérêt de ces paramètres.

Dans son travail de thèse, Mayot (2007) retient un protocole simple pouvant être mis en place en limite inférieure :

- ↳ suivi de la dynamique de la limite ;
- ↳ suivi de la densité en faisceau, suivi de la biométrie foliaire et de la lépidochronologie, suivi des réserves en carbohydrates stockés dans les rhizomes ;
- ↳ mise en place d'enregistreurs de la température de l'eau, au niveau de quelques sites.

La densité est un paramètre essentiel et indispensable pour évaluer l'état des herbiers de *Posidonia oceanica*, mais également l'évolution de la limite inférieure (Mayot *et al.*, 2006).

Le suivi des paramètres **de biométrie foliaire et de lépidochronologie** sont également robustes pour leur surveillance (conclusions du programme Interreg III B « Posidonia »).

Les carbohydrates sont quant à eux stockés dans les rhizomes durant une très courte période (été). Ils assurent la survie de la plante au cours des périodes où la luminosité est faible, spécialement durant la période hivernale (Alcoverro *et al.*, 2001). La diminution du stockage des réserves durant la belle saison peut entraîner une diminution de la vitalité de la plante durant le reste de l'année, notamment pendant l'hiver. Son suivi pourrait constituer un paramètre intéressant permettant de suivre et confirmer l'état de stress de la plante au regard des variations environnementales (ex : impact physiologique de l'augmentation de la température).

Compte tenu de la variabilité spatiale à mésoéchelle de paramètres tels que la densité (Gobert *et al.*, 2003), il convient d'acquérir ces données au niveau d'un même secteur de la limite inférieure.

Sur la base de ces travaux et des premières analyses réalisées à partir des données du RSP PACA en limite inférieure, nous proposons une SLT Posidonie PACA comprenant (Tab. 13) :



- 1- le suivi de la dynamique des limites inférieures d'herbier ;
- 2- le suivi de la vitalité des herbiers : densité, déchaussement des rhizomes, biométrie foliaire, couverture épiphytique (rapport biomasse épibionte/biomasse foliaire), lépidochronologie, réserves glucidiques dans les rhizomes ;
- 3- le suivi local de la température en limite inférieure.

4.2.3.3. Les méthodes d'acquisition

A- Suivi de la dynamique des limites inférieures d'herbier

Deux techniques différentes permettent de suivre l'évolution des limites inférieures des herbiers de Posidonie :

- 1- la mise en place de balisages de type RSP PACA ;
- 2- la réalisation de micro-cartographies (télémétrie acoustique ou sonar latéral et plongées de vérité terrain).

L'utilisation de balisages de type RSP PACA (Charbonnel *et al.*, 2000) permet de suivre l'évolution des limites à micro-échelle (quelques dizaines de mètres). La simplicité de cette technique est contrecarrée par la contrainte de leur entretien annuel.

L'utilisation de micro-cartographies par télémétrie acoustique permet de suivre les limites à méso-échelle (quelques centaines de mètres) (Descamp *et al.*, 2003, 2007). Très précise, elle nécessite néanmoins de positionner des balises de géomètre afin de suivre l'évolution d'un même linéaire d'herbier. Son intérêt au niveau des limites inférieures découle de l'utilisation d'un matériel de télémétrie associé à des techniques de plongée au recycleur (circuit fermé), notamment au niveau des limites profondes qui existent dans le Var. Néanmoins, cette technique utilisée dans un nombre restreint de sites (région de Banyuls et Monaco) n'offre peut-être pas assez de recul pour juger de son efficacité à long terme dans des conditions différentes (limite franche, limite régressive et limite progressive).

Dans le cadre de la SLT Posidonie PACA, deux possibilités peuvent donc être retenues :

- ↳ la mise en place d'un balisage de type RSP PACA avec un retour tous les trois ans et un entretien annuel sur chaque site ;
- ↳ la réalisation de micro-cartographie par télémétrie acoustique tous les trois ans.

B- Suivi de la vitalité de l'herbier en limite inférieure

Les paramètres de vitalité seront suivis selon les protocoles mis en place dans le cadre du RSP PACA (densité, déchaussement, biométrie foliaire, lépidochronologie), de la Directive Cadre sur l'Eau (couverture épiphytique) complété par le dosage des carbohydrates dans les rhizomes.

Les mesures de densité seront réalisées derrière les balises mises en place en limite (type RSP PACA ou balises de géomètre pour la micro-cartographie). L'échantillonnage réalisé sur des surfaces de quadrat 40×40cm, comportera 30 mesures à chaque limite. Les mesures de déchaussement des rhizomes orthotropes ou



plagiotropes seront réalisées sur les mêmes quadrats, selon le protocole décrit dans le guide méthodologique du RSP PACA (Charbonnel *et al.*, 2000).

Les mesures de biométrie foliaire, de lépidochronologie et de couverture épiphytique seront réalisées à partir de 20 faisceaux orthotropes prélevés en limite, dans chaque station. Les protocoles mis en œuvre suivront ceux habituellement utilisés (i) protocole de Giraud (1977) pour la dissection des faisceaux foliaires, (ii) protocole de Pergent (1987) pour l'analyse des cycles lépidochronologiques, (iii) protocole DCE pour le calcul du rapport de biomasse Epibiontes/Feuilles (Ifremer, 2008). Enfin, concernant le dosage des réserves en carbohydrates dans les rhizomes, le protocole utilisé sera celui développé par Alcoverro *et al.* (2001). La méthode consiste en une extraction alcoolique à chaud (Ethanol à 80°C) des carbohydrates puis un dosage par spectrophotométrie.

C- Suivi des paramètres environnementaux

Compte tenu des conséquences inattendues des variations climatiques actuelles sur la dynamique des limites inférieures des herbiers de Posidonie (Mayot *et al.*, 2005a), il est important dans le cadre d'une Série à Long Terme, d'envisager le suivi de l'évolution de la température sur quelques sites à l'aide de capteurs automatisés. Les enregistreurs de température actuels (ex : HOBO® Water Temp Pro V2) sont de petite taille et permettent une programmation avec un pas de mesure variable sur une grande période de temps (6 mois à 1 an). Le suivi de la température nécessite au minimum d'installer deux capteurs par site, afin de pallier la défaillance ou la perte d'un capteur durant la période d'acquisition. Le nombre de site ainsi équipé devra prendre en compte la pérennité de programme de mesure actuellement en cours, dans le cadre de la surveillance des herbiers de Posidonie (ex : Réseau du PNPC-Pointe du Vaisseau) ou de la surveillance d'autres types de communautés benthiques pouvant se situer à la même profondeur que les limites inférieures étudiées (ex : les peuplements de gorgones - programme ANR MEDCHANGE).

Tableau 15. Descripteurs et méthodes d'acquisition proposées dans le cadre de la SLT Posidonie PACA.

Item	Descripteur	Méthode	Fréquence d'acquisition
<i>Dynamique des limites</i>	Position des limites	- balisage type RSP - Micro-cartographie	Tous les 3 ans (entretien tous les ans si balisage)
<i>Vitalité des herbiers</i>	Densité de faisceaux	- 30 quadrats (40 x 40 cm) derrière balisage	Tous les 3 ans
	Déchaussement	- 30 quadrats (40 x 40 cm) derrière balisage	Tous les 3 ans
	Biométrie foliaire	- 20 faisceaux orthotropes + protocole de Giraud (1977)	1 fois/an
	Couverture épiphytique	- 20 faisceaux + protocole DCE (Ifremer, 2008)	1 fois/an
	Lépidochronologie	- 20 faisceaux orthotropes + protocole de Pergent (1987)	6 ans
	Réserves glucidiques	- analyse par spectrophotomètre	1 fois/an
<i>Paramètres environnementaux</i>	Température	Mise en place de capteurs-enregistreurs	Mesure en continu sur 1 an (sur certains sites)

Cette SLT faisant partie du Réseau de Surveillance Posidonie « nouvelle génération », elle bénéficiera des préconisations du « Guide méthodologique et technique de suivi des herbiers à *Posidonia oceanica* ».



Conclusion générale

Le Réseau de Surveillance Posidonie (RSP) a constitué pendant 20 ans en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, une initiative unique de suivi à long terme d'un écosystème côtier majeur en Méditerranée. Il a été à l'initiative de nombreux programmes locaux de surveillance des herbiers à l'échelle de la façade française. Le développement de cet effort de surveillance a permis de sensibiliser les services techniques des collectivités publiques, de l'Etat, des élus et décideurs locaux à la problématique des herbiers de posidonies, leur fragilité et la nécessité de les prendre en considération dans les projets littoraux.

L'analyse des 20 ans d'existence du RSP PACA, réalisée dans le cadre de cette étude, a mis en évidence toute la difficulté de l'organisation d'un tel réseau de surveillance à long terme : rigueur et bonne coordination entre les opérateurs, évolution et standardisation des méthodes de suivi, bancarisation des données, interprétation des données, édition et diffusion des résultats.

Malgré la difficulté majeure qui réside dans l'homogénéisation de l'acquisition de données sur 20 ans avec des méthodologies et une bancarisation forcément évolutives, le RSP PACA constitue néanmoins une série à long terme unique permettant d'appréhender les grandes tendances évolutives des herbiers. Cependant, la discontinuité des mesures dans le temps au sein d'une même station, la variabilité des paramètres retenus d'une phase de suivi à l'autre et l'archivage parcellaire des données ne permettent pas de tirer de grandes tendances concernant la dynamique des limites de l'herbier. D'autre part les séries de données en limite supérieure et en limite inférieure ont montré l'interférence des facteurs environnementaux (hydrodynamisme, mouvements sédimentaires...) avec les impacts des activités humaines, ce qui donne une limite à l'interprétation des évolutions observées à un niveau local et leur lien avec de possibles impacts liés aux activités humaines. Or, c'était un des objectifs de ce réseau : évaluer l'efficacité des politiques de protection du milieu à l'échelle du littoral de la région PACA.

Cette analyse ne remet pas en cause l'intérêt que porte la communauté scientifique, les gestionnaires et les décideurs au suivi des herbiers et aux acquis du RSP PACA, d'autant plus que la posidonie reste un descripteur retenu dans les directives européennes (Directive Cadre sur l'Eau et Natura 2000). Cet effort de surveillance doit donc être poursuivi et optimisé compte tenu de l'importance patrimoniale reconnue de l'herbier de Posidonie.

La mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau a permis de structurer l'acquisition de connaissances sur les herbiers (méthodologies, intercalibration, métriques, reproductibilité des données, bancarisation standardisée et assurance qualité). Un programme Interreg III B Posidonia a permis d'harmoniser certaines méthodes de suivi et de cartographie des herbiers. Un document de synthèse concernant la préservation et la gestion des herbiers de Posidonie a été réalisé.



Dans ce contexte, il semble pertinent de proposer la structuration d'un nouveau Réseau de Surveillance Posidonie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Or, l'évaluation de l'état des herbiers de Posidonie à une échelle locale passe nécessairement par une compréhension de leur évolution à une échelle plus large. A ce titre, le partage des réflexions, la mise en commun des connaissances, la mise en cohérence des méthodes et la mutualisation des moyens reste une étape incontournable. Pour ce faire, il est important que tous les acteurs concernés par cette thématique souhaitent travailler en partenariat. C'est cette dynamique d'acteurs qui pourrait constituer le nouveau Réseau de Surveillance Posidonie en région PACA.

Ce nouveau RSP PACA pourrait réunir tous les partenaires impliqués dans le suivi des herbiers de Posidonie, qu'ils soient institutionnels, gestionnaires ou scientifiques, à savoir, les partenaires engagés dans le suivi DCE, les maîtres d'ouvrage des études d'impact ou de suivis faisant l'objet de demandes réglementaires, les opérateurs des démarches des sites Natura 2000, les gestionnaires de milieu porteurs d'une politique volontariste, les scientifiques, les bureaux d'études amenés à répondre à des commandes publiques et qui sont susceptibles de proposer des pistes de réflexion dans le cadre de projets de « Recherche & Développement »...

Tout l'intérêt d'une telle dynamique s'appuie également sur la bancarisation des données recueillies par les divers opérateurs et leur mise à disposition. C'est en effet la compilation de données obtenues à diverses échelles qui permettra une meilleure interprétation des résultats en vue de comprendre les évolutions des herbiers.

Ce dispositif pourrait être complété par un suivi à long terme effectué uniquement en limite inférieure, dans des sites où les pressions des activités humaines sont quasi-inexistants, pour mieux comprendre l'impact des modifications environnementales globales. En effet, c'est en réunissant de façon structurée l'ensemble de ces connaissances, qu'il sera possible d'appréhender, à une large échelle spatiale, la part des changements globaux actuels sur la dynamique des herbiers, par rapport à celle des impacts anthropiques et prévoir leur évolution dans le cadre de la prise de décision concernant la conservation des herbiers de Posidonie.

Conformément à la demande exprimée par les gestionnaires locaux, un guide technique préconisant les descripteurs pertinents, les méthodes opérationnelles et les enjeux financiers permettant de répondre à la question de la surveillance des herbiers dans le cadre d'une étude d'impact, de site ou d'un suivi à plus grande échelle sera élaboré prochainement et mis à disposition.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographiques

- Alcoverro, T., Zimmerman, R.C., Kohrs, D.G., Alberte, R.S., 1999. Resource allocation and sucrose mobilization in light-limited eelgrass *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 187, 121–131.
- Alcoverro, T., Manzanera, M., Romero, J., 2001. Annual metabolic carbon balance of the seagrass *Posidonia oceanica*: the importance of carbohydrate reserves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 211, 105–116.
- Alvárez E., Marbà N., 2001. *Red de monitorización de las praderas de Baleares*. Guía de campo. Govern de les Illes Balears: 1-34.
- Arnoux A, Harmelin JG, Monod JL, Romaña LA, Zibrowius H (1992) Altérations de peuplements benthiques de roches profondes en Méditerranée nord-occidentale: quelques aspects biologiques et molysmologiques. *CR Acad Sci Paris* 314: 219-225
- Augier H., Nieri M., 1988. Cartographie, balisage et dynamique du récif-barrière à *Posidonia oceanica* de la baie de Port-Cros (Parc national). *Sci. Rep Port-Cros natl. Park*, 14 : 29-40 + 1 pl. h.t.
- Bay D., 1978. Etude *in situ* de la production primaire d'un herbier de Posidonie (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la baie de Calvi-Corse. *Prog. Rép. Stn Oceanogr Stareso*, Univ. Liège Belg., 18: 6 p non num.+ 1-251
- Bonhomme P., Bernard G., Daniel B., Boudouresque C.F., 1999. Archipel de Riou : étude socio-économique sur la plaisance, la pêche amateur, la plongée et la chasse sous-marine (période printanière et synthèse sur un cycle annuel). Ville de Marseille, Direction de l'Environnement et des Déchets. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr, 83p.
- Bonhomme P., Boudouresque C.F., Bernard G., Verlaque M., Charbonnel E., Cadiou G. 2001a. Espèces, peuplements et paysages marins remarquables de la Ciotat, de l'Ile Verte à la calanque du Capucin (Bouches du Rhône, France). Contrat RAMOGE & GIS Posidonie, Gis Posidonie publ., Fr. : 1-132.
- Bonhomme P., Le Direach L., Cadiou G., Bernard G., Charbonnel E., Coquillard Y., 2001b. Cartographie du récif barrière de posidonie et des peuplements associés, importance des herbivores, de la baie de Port-Cros (Parc National, Var, France). *Contrat Parc National de Port-Cros & GIS Posidonie* publ., Fr. : 1-43.
- Bonhomme P., Charbonnel E., Bernard G., Cadiou G., 2002. Système de surveillance de l'herbier de Posidonie sur le littoral des Maures dans le cadre de l'observatoire marin du SIVOM du littoral des Maures : résultats du premier suivi 2002. Rapport final. GIS Posidonie Publ., Marseille : 67 p.
- Bonhomme P., Ganteaume A., Bellan G., Cadiou G., Emery E., Clabaut P., Bernard G., Hervé G., Bourcier M., Boudouresque C.F., 2005a. Etude et cartographie des biocénoses marines des calanques de Marseille à Cassis, y compris l'archipel de Riou. Phase 3 : Rapport final. *Contrat GIS Posidonie-Ifremer-COM/GIP des Calanques*. 1-156.
- Bonhomme P., Bonhomme D., Ruitton S., Cadiou G., 2005b. Surveillance de l'herbier de Posidonie du Parc National de Port-Cros. Résultats du premier suivi 2005 du balisage en limite inférieure. *Contrat Parc National de Port-Cros & GIS Posidonie*. GIS Posidonie Publ., Marseille : 48 p.

- Bonhomme P., Cadiou G., Bonhomme D., Ruitton S., 2006. Surveillance de l'herbier de Posidonie du Parc National de Port Cros : mise en place d'un second balisage en limite inférieure sur la face sud de l'île. *Contrat Parc National de Port Cros & GIS Posidonie*. GIS Posidonie Publ., Marseille : 38 p.
- Boudouresque C.F., 2004. Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Sci. Rap. Port-Cros natl Park*, 20: 97-146
- Boudouresque C.F., Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah Parc Nat. Port-Cros*, 4 : 1-79
- Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V., 2000. A monitoring net-work based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the north-western Mediterranean Sea. *Biol. Mar. Med.*, 7 (2) : 328-331.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. Ramoge pub. : 1-202
- Boudouresque C.F., Mayot N., Pergent G., 2006. The outstanding traits of the functioning of the *Posidonia oceanica* seagrass ecosystem. *Biol. Mar. Med.*, 13(4): 109-113.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Le Diréach L., Ruitton S., 2007. Monitoring methods for *Posidonia oceanica* meadows in Provence and French Riviera. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 22 : 17-38.
- Boumaza S., Semroud R., 2000. Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* d'El Djamilia (Algérie). *Proceedings of the first Mediterranean symposium on marine vegetation*. RAC/SPA publ., Tunis: 110-114.
- Charbonnel E., Bonhomme P., Divetain N, Raillard O., Perez T., Michotey V., Bonin P., 1998. Station d'épuration de Niolon : étude du milieu récepteur et analyse du vivant. GIS Posidonie - Safège Cetiis : 1-56.
- Cadiou G., Bonhomme P., Bernard G., Charbonnel E., 2003. Analyse de l'état initial du milieu marin sur le site du rejet de la station d'épuration de La Ciotat. Surveillance de l'herbier de Posidonie et mise en place d'un balisage à proximité de l'émissaire. Etude de « l'indice poissons ». *Marseille-Provence-Métropole. Contrat Créocéan & GIS Posidonie*. GIS Posidonie publ., Fr. : 1-47.
- Cadiou G., Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bonhomme P., Bernard G., Cottalorda J.M., Garcia F., Kruczeck R., Bertrand M.C., Foret P., Bricout P., Marro C., 2004. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur : résultats du suivi 2003. *Région PACA/GIS Posidonie/SM 13/DDE 83/Conseil Général 06*. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-146.
- Cadiou G., Bonhomme P., Boudouresque C.F., Bellan G., Bourcier M., Emery E., 2006. Etude et cartographie des biocénoses de la partie maritime du sous-site Natura 2000 "Cap Canaille-Grand Caunet". Phase III rapport final. Contrat Office National des Forêts 13/84, GIS Posidonie/Ifremer/COM, *GIS Posidonie publ.*, Marseille Fr. 1-82 + annexes.



- Caye G., 1982. Etude sur la croissance de la posidonie, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, formation des feuilles et croissance des tiges au cours d'une année. *Téthys*, Fr., 10(3) : 229-235
- Charbonnel E., 2004. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Côte Bleue (réseau Service Maritime des Bouches-du-Rhône) : résultats du suivi 2002. *CQEL13/GIS Posidonie/Parc Marin Côte Bleue. GIS Posidonie publ.*, Fr. : 1-60.
- Charbonnel E., Bonhomme P., 1998. Suivi des balisages de la limite inférieure de l'herbier de Niolon et de Carro en 1998. *Service Maritime-CQEL 13 & GIS Posidonie. GIS Posidonie publ., Marseille*, Fr. : 1-14.
- Charbonnel E., Bonhomme P., 2002. Surveillance de l'herbier de Posidonie du Parc National de Port-Cros : mise en place d'un balisage en limite inférieure. *Contrat Parc National de Port-Cros & GIS Posidonie. GIS Posidonie publ.*, Fr. : 1-51.
- Charbonnel E., Bourcier M., Francour P. & Boudouresque C.F., 1993. Evolution des peuplements marins après la mise en service de la station d'épuration de la ville de Cassis (Bouches-du-Rhône). Comparaison 1981-1993 et mise en place d'un système de surveillance permanent. *GIS Posidonie publ., Marseille* : 90 p. + cartes.
- Charbonnel E., Boudouresque C.F., Bourcier M., Francour P., Boudouresque P., 1994. Surveillance des peuplements marins autour du rejet de la station d'épuration de la ville de Cassis (Bouches-du-Rhône, France). *Hydrotop 94, Coll. sci. et Tech. Internation. "Mieux gérer l'eau", Marseille*, Fr. (2) : 522-528.
- Charbonnel E., Bonhomme P., Divetain N, Raillard O., Perez T., Michotey V., Bonin P., 1998. Station d'épuration de Niolon : étude du milieu récepteur et analyse du vivant. *GIS Posidonie - Safège Cetiis* : 1-56.
- Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bernard G., Bonhomme P., Patrone J., Kruczek R., Cottalorda J.M., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Le Direac'h L., 2000. Le Réseau de Surveillance Posidonie de la Région PACA. Première partie : Présentation et Guide Méthodologique. Année 2000. *GIS Posidonie Publ., Marseille*, 76 p.
- Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Cadiou G., Bonhomme P., Bernard G., Cottalorda J.M., Patrone J., Kruczek R., Bertrand M.C., Foret P., Bricout P., Marro C., Le Direac'h L., 2003. Le Réseau de Surveillance Posidonie de la Région PACA: Résultats du suivi 2002. *GIS Posidonie Publ., Marseille*, 176 p.
- Charbonnel E., Daniel B., Bachet F., 2006. Suivi de l'herbier de Posidonie de l'anse du Rouet. Compte rendu de mission. Second retour. Juin 2006. *Syndicat Mixte Parc Marin de la Côte Bleue*, Fr. : 1-20.
- Conde Poyales F., 1989. Ficogeografía del mar de Alborán en el contexto del Mediterráneo occidental. *An. Jard. bot. Madrid*, 46(1): 21-26.
- CREOCEAN, 2003. Analyse de l'état initial du site de rejet des effluents de la STEP de Cassis et proposition d'un programme de suivi. Rapport Communauté Urbaine de Marseille : 228p + annexes.
- CREOCEAN, 2005a. Suivi écologique du rejet des effluents de la station d'épuration de Sète Tâche 10 : Suivi des espèces particulières. Contrat Communauté d'Agglomération du bassin de Thau, 21p.

CREOCEAN, 2005b. Extension biologique de la station d'épuration de Marseille Etat « zéro bis » du milieu marin soumis au rejet urbain de l'émissaire de Cortiou. Contrat Communauté Urbaine de Marseille Provence Métropole

CREOCEAN, 2007. Suivi du milieu naturel du Lez et de la Mer. Tâche 9 : suivi des espèces particulières. Communauté d'agglomération de Montpellier. 47p.

Daniel B., Maisonneuve De L., Bachet F., 2002. Suivi de l'herbier de Posidonie de l'anse du Rouet. Compte rendu de mission. avril 2002. *Rapport sur les travaux scientifiques du Parc Marin de la Côte Bleue. Compte rendu année 2002* : 53-61.

Daniel B., Charbonnel E., Bachet F., 2003. Suivi de l'herbier de Posidonies de l'anse du Rouet. Mise en place du balisage. avril 2002. Rapport sur les travaux scientifiques du Parc Marin de la Côte Bleue. Fr. : 53-61.

Descamp P., Ballesta L. Foulquié M. Bouillac G., 2003. Etude et balisage de l'herbier de Posidonie de *Tancade* (RNM Cerbère-Banyuls) par télémétrie acoustique. L'Oeil d'Andromède publ.

Descamp P., Ballesta L. Holon F., 2007. Suivi de deux herbiers de posidonie dans la réserve marine de Cerbère – Banyuls : Baie de Tancade et anse du Pin Parasol (RNM Cerbère-Banyuls) par télémétrie acoustique. L'Oeil d'Andromède publ.

De Vaugelas J., Javel F., 2005. Balisage de la limite inférieure de l'herbier de Posidonies du Larvotto (Monaco). *Direction de l'Environnement, de l'Urbanisme et de la Construction, Monaco*.

EOL, 2004. Suivi de l'herbier de Posidonie sur le site du SIVOM du littoral des Maures Année 2004. 43 p.

EOL, 2005a. Réseau de Surveillance Posidonies. Département des Bouches-du-Rhône. Année 2004. Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, EOL, SMEL, Fr.: 1-155.

EOL, 2005b. Réseau de Surveillance Posidonies. Département du Var. Année 2004. Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, EOL, SMEL, Fr.: 1-265.

EOL, 2005c. Réseau de Surveillance Posidonies. Département des Alpes-Maritimes. Année 2004. Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, EOL, SMEL, Fr.: 1-142.

EOL, 2006. Suivi et entretien de l'herbier de posidonie Limites supérieure, inférieure et carré permanent. Contrat SIVOM du Littoral des Maures, année 2006.

Ifremer, 2007. Directive Cadre Eau Mise en œuvre du Contrôle de surveillance : Résultats de la campagne 2006 - District Rhône et Côtiers Méditerranéens. Convention Agence de l'Eau RM&C / Ifremer n° 2006 – 1635.

Ganzin N., Mangin A., 2008. Optimisation de la surveillance des masses d'eau DCE en Méditerranée-Utilisation de produits dérivés d'images satellites en complément du réseau de mesures *in-situ*. Convention Agence de l'Eau RM&C / Ifremer n° 2006 – 1899, 47p + annexes

Ganteaume A., Bonhomme P., Bernard G., Poulain M., Boudouresque C.F., 2005. Impact de l'ancrage des bateaux de plaisance sur la prairie à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros (Méditerranée nord-occidentale). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 21 : 147-162

Giraud G., 1977. *Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à Posidonia oceanica (L.) Delile*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Université Aix-Marseille II, France : 1-150

Gobert S., Kyramarios M., Lepoint G., Pergent-Martini C., Bouquegneau J.M., 2003. Variations à différentes échelles spatiales de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile ; effets sur les paramètres physico-chimiques du sédiment. *Oceanologica acta*, 26 : 199-207

Gobert S., Andral B, Boissery P, Chery A, Lejeune P, Pelaprat C, Rico-Raimondino V et Sartoretto S (2008). Soutien méthodologique à la mise en œuvre de la Directive Cadre Eau item : Herbier de Posidonie : Validation du protocole de calcul de l'EQR. Ifremer-Université de Liège-STARESO-Agence de l'eau.55pp

Gravez V., Nieri M., Laffont R., 1990. Surveillance de l'herbier de Posidonies de la baie du Prado (Marseille, Bouches-du-Rhône). Suivi 1989. *Direction Générale des Services Techniques*, Ville de Marseille. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 40 p.+ 4 annexes h.t.

Gravez V., Nieri M., Boudouresque C.F., 1992. *Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille). Rapport de synthèse 1986-1992*. Direction Générale des Services Techniques, Ville de Marseille & GIS Posidonie, Fr. : 1-80.

Gravez V., Gélén A., Charbonnel E., Francour P., Abellard O., Eemonnay L., 1995. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille, Bouches-du-Rhône). 2ème Phase - Suivi 1995. *Direction Générale des Grands Travaux de la Ville de Marseille*. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 56 p.

Gravez V., Bonhomme P., Roy D., Bernard G., Charbonnel E., Gelin A., 1996. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille, Bouches-du-Rhône). 2ème Phase - Suivi 1996. *Direction Générale des Grands Travaux de la Ville de Marseille*. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr, 56 p.+ annexes.

Gravez V., Bernard G., Bonhomme P., Palluy F., 1997. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille). Deuxième phase. Suivi 1997. Ville de Marseille & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 1-46.

Gravez V., Bernard G., Bonhomme P., Cadiou G., Coquillard Y., Divetain N., 1999. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille) - Suivi 1999. Ville de Marseille, Direction de l'Environnement et des Déchets & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 1-45.

Holon F., Descamp P., 2007. Cartographie et analyse des biocénoses marines entre Antibes et Cap d'Ail. Contrat Communauté d'Agglomération Nice-Côte d'Azur.

Ifremer, GIS Posidonie, ARPAL, CAR-ASP, ENEA, Université de Corse-EqEL, Région PACA, Université de Barcelone-Département d'Ecologie, 2007a. Mise en cohérence, développement, harmonisation et validation de méthodes d'évaluation de la qualité du milieu littoral par le suivi de l'herbier de *Posidonia oceanica*. Rapports pour le programme Interreg IIIB / MEDOCC : Rapport final du groupe de travail « cartographie », 68 p.(+ 7 annexes).

Ifremer, GIS Posidonie, ARPAL, CAR-ASP, ENEA, Université de Corse-EqEL, Région PACA, Université de Barcelone-Département d'Ecologie, 2007b. Mise en cohérence, développement, harmonisation et validation de méthodes d'évaluation de la qualité du milieu littoral par le suivi de l'herbier de *Posidonia oceanica*. Rapports pour



le programme Interreg IIIB / MEDOCC : Rapport final du groupe de travail « surveillance », 23 p. (+2 annexes).

Ifremer, GIS Posidonie, ARPAL, CAR-ASP, ENEA, Université de Corse-EqEL, Région PACA, Université de Barcelone-Département d'Ecologie, 2007c. Mise en cohérence, développement, harmonisation et validation de méthodes d'évaluation de la qualité du milieu littoral par le suivi de l'herbier de *Posidonia oceanica*. Rapports pour le programme Interreg IIIB / MEDOCC : Rapport final du groupe de travail "bioindicateurs", 59 p.

Ifremer, 2008. Soutien méthodologique à la mise en oeuvre de la Directive Cadre Eau (item : Herbier de Posidonie) - Validation du protocole de calcul de l'EQR (District Rhône et Côtiers Méditerranéens), Convention AERM&C/Ifremer n° 2008-0435, 30p. + annexes.

Jensen WA, 1962. Botanical histochemistry. WH Freeman and Company, San Francisco

Lafabrie C., Pergent G., Pergent-Martini C., Campiomont A., 2007. *Posidonia oceanica*: A tracer of past mercury contamination. *Environmental Pollution*, 148 : 688-692

Lefèvre J.R., Valerio C., Meinesz A., 1984. *Optimisation de la technique aérienne pour la cartographie des herbiers de Posidonies*. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier G., édit., GIS Posidonie publ., Fr. 1 : 49-55

Leriche A., Boudouresque C.F., Gravez V., Mayot N., 2006. Does coverage matter at mesoscale within a *Posidonia oceanica* seagrass meadow? *C. R. Biologies*, 329 : 733–741.

Maisonneuve De L., Daniel B., 2001. Suivi de l'herbier à *Posidonia oceanica* de l'anse du cap Rousset. Quatrième retour : septembre 2001. Rapport travaux scientifiques du Parc Marin de la Côte Bleue, année 2001: 22-29.

Mayot N., 2007. Changements à long terme des limites inférieures de *Posidonia oceanica* en Pouvence et Côte d'Azur. Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée, Marseille, 140p.

Mayot N., Boudouresque C.F., Leriche A., 2005a. Unexpected response of the seagrass *Posidonia oceanica* to a warm-water episode in the North Western Mediterranean Sea. *C. R. Biologie*, 328 : 291–296

Mayot N., Boudouresque C.F., Charbonnel., 2005b. Changes over time of shoot density of the Mediterranean Seagrass *Posidonia oceanica* at its depth limit. *Bio. Mar. Medit.*, 13(4) : 250-254.

Meinesz A., 1977, Balisage de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* en rade de Villefranche-sur-mer (Alpes-Maritimes, France). *Rapp Comm int Mer Médit*, 24 (6) : 143-144.

Meinesz A., Javel F., Longepierre S., Vaugelas J. de, Garcia D., 2006. Inventaire et impact des aménagements gagnés sur le domaine marin - côtes méditerranéennes françaises. Laboratoire Environnement Marin Littoral, Université de Nice - Sophia Antipolis. Publication électronique : www.medam.org.

Moleenar H., 1992. *Etude de la transplantation de boutures de Posidonia oceanica (L.) Delile, phanérogamme marine. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance*. Thèse de Doctorat, Univ. Nice-Sophia Antipolis, Fr. : 1-221

Nieri M., Boudouresque C.F., Augier H., Gravez V., 1987. *Mise en place du système de surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille). Observations initiales*. SOMICA et GIS Posidonie, Marseille, Fr. : 1-64p.

Nieri M., Gravez V., Boudouresque C.F., Sinnassamy J.M., 1993. Le Système de Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille, France). Les carrés permanents. In : *Colloque internationale contre la pollution marine*, Ville de Marseille publ. : 1-10.

Pasqualini V., 1997. Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral corse (Méditerranée, France). Thèse Doct. « Ecologie marine », Univ. Corse, France : 1-165

Pasqualini V., Pergent-Martini C., Clabaut P., Marteel H., Pergent G., 2001. Integration of aerial remote sensing, photogrammetry and GIS technologies in seagrass mapping. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing.*, 67(1) : 99-105.

Pergent G., 1987. Recherches lépidochronologiques chez *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. Thèse de Doctor. Océanol., Univ. Aix-Marseille II : 1-853

Pergent-Martini C., Pergent G., 2003. Mise en oeuvre d'un réseau de surveillance Posidonies (RSP) en Corse. 1^{ère} Année – rapport préliminaire. Contrat GIS Posidonie – Centre de Corse & Office de l'Environnement de la Corse, GIS Posidonie publ., Corte : 1-9 + Ann

Pergent G., Abiven T., Hauden S., Mimault B., Pasqualini V., Patrone J., Pergent-Martini C., 2004. Mise en œuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse. Première phase : Cap Corse / Porto-Vecchio. GIS Posidonie Publ., Corte : 108 p.

Pergent G., Clabaut P., Mimault B., Pasqualini V., Pergent-Martini C., 2005. Mise en œuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse. Deuxième phase : Porto-Vecchio / Ajaccio. GIS Posidonie Publ., Corte : 133 p.

Pergent-Martini C., 2006. Elément de qualité biologique: Posidonie-Compte rendu de l'exercice d'intercalibration. Contrat Ifremer/Université de Corse – EQEL, Corté: 1-27

Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., Pergent G., 1994. Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean Basin. *Mar. Biol.*, 120: 9-15

Pergent-Martini C., Guyonnet V., Pereira E., 1995. Suivi de la zone de rejet de la station d'épuration de Carry-le-Rouet/Sausset-les-Pins. Syndicat intercommunal à vocation multiples. GIS Posidonie Corte publ., Corte, fr.

Pergent-Martini C., Pasqualini V., Pergent G., 2000. Impact de la station d'épuration de la ville de Marseille sur l'herbier à *Posidonia oceanica* du secteur de Cortiou. Contrat Ville de Marseille & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 1-36.

Pergent-Martini C., Pasqualini V., Pergent G., Ferrat L., 2002. Effect of a newly set up wastewater-treatment plant on a marine Phanerogam seagrass bed – a medium term monitoring program. *Bull. Mar. Sci.*, 71(3) : 1227-1236.

Pergent-Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J.M., Buia M.C., Calvo S., Cebrian J., Charbonnel E., Cinelli F., Cossu A., Di Maida G., Dural B., Francour P., Gobert S., Lepoint G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Piazzì L., Pirrota M., Relini G., Romero J., Sanchez-Lizaso J.L., Semroud R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. *Ecol. Indicators* 5 : 213-230.

Renom, P., Romero, J., 2001. Xarxa de Vigilancia de la Qualitat Biològica dels Herbassars de Fanerògames Marines. Departament d'Agricultura i Pesca, Generalitat de Catalunya.

Romeo M., Gnassia-Barelli M., Juhel T., Meinesz A., 1995. Memorization of heavy metals by scales of the seagrass *Posidonia oceanica*, collected in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 120: 211-218.

Romero J., Martinez-Crego B., Alcoverro T., Perez M., 2007. A multivariate index based on the seagrass *Podidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of costal waters under the Water Framework Directive (WFD). *Mar. Pol. Bul.*, 55 : 196-204.

Safège, 2007. Suivi du milieu marin au droit des stations d'épuration des eaux usées de l'agglomération de Marseille Provence Métropole - rapport annuel 2007. Contrat CUMPM-Safège. Safège publ., Fr., 1-26 + annexes.

Sinnassamy J.M., Bertrand M.C., Boudouresque C.F., Foret P., Leccia M., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ragazzi M., Rico-Raimondino V., 1991. Réseau de Surveillance Posidonies. Méthodologie du Réseau de Surveillance Posidonies. Bilan et Perspectives. *GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.* : 1-36.

Somaprex, Safège, 2006. Suivi écologique du milieu marin au droit des rejets de la station d'épuration de Niolon. Contrat Corpramex/Safège-communauté d'agglomération Marseille Provence Métropole. Copramex publ., 44 p.



ANNEXES

Annexe n°1 : Liste des gestionnaires de milieu contactés

NOM DE LA PERSONNE CONTACTEE	ORGANISME
Agnès ROSSO-DARMET	DDE 83
Alain PIBOT	DIREN Languedoc Roussillon
Alessandra ACCORNERO-PICON	GIP des Calanques
Anaïs GIRAUD	Agence de l'Eau RMC
Arnaud FREDEFON	DDE 06
Aude PRADAYROL	Conseil général 83
Benjamin DURAND	Conseil général 13
Jean BOUTIN / Vincent KULESZA / MUSARD Olivier	CEEP-Parc Maritime des îles du Frioul
Christian DESPLATS	Conservatoire du Littoral
Christophe SERRE	Conseil Général 06
Didier LAURENT	Ville d'Antibes
Flore LAFAYE DE MICHEAUX	DIREN Languedoc Roussillon
Fédéric BACHET	Parc Marin de la Côte Bleue
Gérard JOSSE	Ville de Cannes
Guirec QUEFFEULOU	CA Toulon Provence Méditerranée
Hélène OBLIN	DDE 13 / CQEL 13
Isabelle CLEMENCEAU	DIREN Corse
Jean BEUROIS	Ville de Marseille
Jean-François FABRE	CA Nice Côte d'azur
Jean-Louis LOEUILLARD	Conseil Général 83
Jean-Louis PIERAGGI	Office de l'Environnement Corse
Jean Marie LAFOND	GIP des Calanques
Jean Philippe MORIN	Sivom du littoral des Maures
Marie-Laure LICARI	Réserve Naturelle de Banyuls (CG 66)
Mary Christine BERTRANDY	Service Maritime – CQEL 13
Murielle RIBOT	Conseil Régional LR
Nardo VICENTE	Institut Océanographique Paul Ricard
Nathalie QUELIN	DIREN PACA
Patrick FILMONT	Office de l'Environnement Corse
Paul CHEMIN	DIREN Languedoc Roussillon
Philippe LENFANT	EPHE Perpignan
Renaud DUPUY DELAGRANRIVE	ADENA
Sandrine AGNELLI	CA Nice Côte d'Azur
Thierry HOUARD	Parc National de Port-Cros
Vanina ROQUES	CA Riviera Française + Syndicat Mixte SCoT Riviera Roya
Yves MOYA	Marine Nationale



Annexe n°2 : Questionnaire distribué aux gestionnaires de milieu marin



Préfiguration d'un Réseau de Surveillance Posidonie en articulation avec le contrôle opérationnel de la Directive Cadre sur l'Eau :

L'Ifremer, en partenariat avec la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse a proposé de réaliser cette première expertise de l'organisation de la surveillance des herbiers de Posidonie le long du littoral de la région PACA. Cette analyse permettra de définir les modalités d'un réseau de surveillance des herbiers de Posidonie « nouvelle génération » répondant aux besoins scientifiques, aux contraintes réglementaires et aux attentes des gestionnaires, tout en prenant en considération les différentes réflexions menées à l'échelon régional, national et européen.

En accord avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, il a été décidé d'étendre cette réflexion à l'ensemble de la façade méditerranéenne.

Ce questionnaire est donc destiné aux opérateurs qui sont intéressés par le suivi des herbiers de Posidonie. Il vise à identifier et mieux connaître vos attentes concernant la mise en place d'un nouveau RSP.

Nous vous demandons de bien vouloir le remplir et le renvoyer par mail à Mme PITHOIS-MILLE Déborah, deborahmille@hotmail.fr, avant le 31 mai 2007.

Nom et Prénom :

Fonction :

Structure :

Région :

Q1 : Etes-vous intéressés par le suivi de l'herbier de Posidonie ?

OUI NON

Q2 : Avez-vous déjà utilisé les résultats du Réseau de Surveillance Posidonie ?

- PACA ?

OUI NON

- Languedoc Roussillon ?

OUI NON

- Corse ?

OUI NON

Q3 : Les résultats de celui-ci ont-ils répondu à vos attentes ?

OUI NON Ne se prononce pas

Q4 : Comment jugez vous l'accès aux données du RSP ?

Très satisfaisant Satisfaisant Moyennement satisfaisant Médiocre
Ne se prononce pas

Q5 : Avez-vous déjà mis en place des points de surveillance (dans votre zone d'action) ?

OUI NON

Si oui,**Q6 : Quels étaient vos objectifs ?**.....
.....**Q7 : Avez-vous suivi la méthodologie mise en place****- par le RSP PACA ?**

OUI NON Ne se prononce pas

- par le RSP Corse ?

OUI NON Ne se prononce pas

Q8 : Si vous n'avez pas utilisé cette méthodologie, quelles en sont les raisons ? Quelle autre méthodologie avez-vous appliqué ?

.....

Q10 : Les résultats obtenus grâce à vos points de surveillance sont ils diffusés ou accessibles au grand public ?

OUI NON Ne se prononce pas

Q11 : Accepteriez vous que vos résultats soient intégrés à une banque de données ?

OUI NON Ne se prononce pas

Q12 : Si non, pourquoi ?

.....

Q13 : Si la région PACA décide de mettre en œuvre un Réseau de Surveillance Posidonie nouvelle génération quelles en seraient vos attentes en terme**- d'objectifs ?**

.....

- de résultats ?

.....

-de diffusion de données ?

.....

Commentaires

.....

.....

Nous vous remercions d'avoir répondu à ce questionnaire.

ContactsStéphane SARTORETTO (Ifremer)
Stephane.Sartoretto@ifremer.fr
04 94 30 49 73Déborah PITHOIS-MILLE (Ifremer/COM)
deborahmille@hotmail.fr
04 94 30 48 80Pierre BOISSERY (AERMC)
pierre.boissery@eurmc.fr
04 96 11 36 36Valérie RAIMONDINO (Région PACA)
vraimondino@regionpaca.fr
04 91 57 50 57