

CARAC

TÉRIS

TIQUES ET

MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

ÉTAT

ÉCOLO

GIQUE

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

JUIN 2012

ÉTAT BIOLOGIQUE

Caractéristiques biologiques - biocénoses

Habitats particuliers de l'infralittoral : herbier à *Posidonia oceanica*

Stéphane Sartoretto,
Colombe Baucour (Ifremer, La Seyne sur Mer).
Avec la participation de
Gérard Pergent (Université de Corse).



1. DESCRIPTION DE L'HABITAT

1.1. BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE

Plante marine (magnoliophyte) endémique de la Méditerranée, la posidonie (*Posidonia oceanica*) se développe entre la surface et 30 à 40 m de profondeur. Elle tolère des variations de température et d'hydrodynamisme importantes mais craint la dessalure. Elle constitue de vastes prairies sous-marines communément appelées herbiers. *Posidonia oceanica* se compose de faisceaux de feuilles, de rhizomes et de racines [1] [2] [3]. Les rhizomes présentent une croissance horizontale (plagiotropes) ou verticale (orthotropes). Le type de croissance dépend de l'espace disponible, de la lumière et des apports sédimentaires. La vitesse de croissance des rhizomes est très lente : 0,5 à 6 cm par an en moyenne [2]. L'ensemble constitué des rhizomes, des racines ainsi que des sédiments qui colmatent les interstices est appelé « matte ». Il s'agit d'une structure peu putrescible s'édifiant sur plusieurs siècles voire millénaires [1] [3] et restant en place même après la mort de l'herbier – faciès de « matte morte ».

1.2. RÔLE ET INTÉRÊT DES HERBIERS DE POSIDONIE

Les herbiers de posidonie constituent un écosystème-pivot de la bande littorale méditerranéenne. Ils constituent le premier pôle de biodiversité, regroupant 20 à 25 % des espèces animales et végétales méditerranéennes [1] [3]. D'un point de vue fonctionnel, les herbiers de posidonie constituent à la fois une zone de nutrition, de reproduction (frayère et nurserie), de recrutement mais aussi un abri pour de nombreuses espèces, dont certaines à forte valeur commerciale. De plus, *Posidonia oceanica* présente une forte production primaire, dont la valeur moyenne est estimée à 4,2 t·ha⁻¹·an⁻¹. Cette production est à la base de nombreuses chaînes trophiques à l'intérieur de l'herbier et dans d'autres écosystèmes [2]. Les herbiers amortissent également les effets hydrodynamiques de la houle et leur structure favorise le piégeage des particules dans la matte, ce qui a pour effet une stabilisation des cordons sableux littoraux. Enfin, les herbiers jouent un rôle majeur dans la séquestration du carbone – « puits de carbone » – et contribuent de façon importante à l'atténuation des changements climatiques [4].

1.3. TEXTES RÉGLEMENTAIRES QUI S'APPLIQUENT AUX HERBIERS DE POSIDONIE

L'importance des herbiers rend leur régression préoccupante [1] [5] [6] [7] [8] [9], des mesures ont donc été prises pour protéger *Posidonia oceanica* en tant qu'espèce et habitat.

1.3.1. Au niveau national

On peut citer la Loi du 10 juillet 1976 et son décret d'application du 25 novembre 1977 (officialisée par l'arrêté interministériel du 19 juillet 1988) ainsi que la Loi du 3 janvier 1986 (« Loi littoral »).

1.3.2. Au niveau international

Dans la convention de Berne, *Posidonia oceanica* figure dans les annexes comme espèce méritant une protection. La convention de Barcelone (adoptée en 1976), outil juridique du plan d'action pour la Méditerranée (PAM), intègre depuis 1996 une liste d'espèces en danger ou menacées, dans laquelle figure *Posidonia oceanica* [10]. En outre, depuis 1999, les parties contractantes à la convention de Barcelone ont adopté un plan d'action relatif à la conservation de la végétation marine dont une large part concerne les magnoliophytes marines et les formations qu'elles constituent [11]. Le Plan d'Action pour la conservation de la végétation marine en Méditerranée (1999) doit ainsi s'assurer de la conservation des formations qui peuvent être considérées comme des monuments naturels – par exemple les récifs-barrières de posidonie.

La Directive 92/93/CEE « Habitat, Faune, Flore » de 1992 (DHFF) constitue la base juridique de la conservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage et du maintien de la biodiversité sur le territoire de l'Union européenne. Les herbiers de posidonie sont des habitats naturels considérés comme prioritaires au titre de la DHFF et qui justifient la désignation de sites Natura 2000 en mer. Aujourd'hui, 80 % des herbiers de posidonie de la sous-région marine sont en sites Natura 2000.

Enfin, il existe des mesures de protection qui peuvent s'appliquer sur les herbiers à *Posidonia oceanica*, comme les Aires Marines Protégées (AMP) [1] [2] [5] [9].

1.4. PRINCIPALES ESPÈCES PROTÉGÉES INFÉODÉES À L'HERBIER À *POSIDONIA OCEANICA*

L'herbier de posidonie joue le rôle de refuge, frayère et source de nourriture pour un grand nombre d'espèces et notamment des espèces protégées dans le cadre de la législation nationale et internationale ; on peut citer notamment la grande nacre (*Pinna nobilis*), l'oursin comestible (*Paracentrotus lividus*), l'hippocampe tacheté (*Hippocampus guttulatus*), l'hippocampe commun (*Hippocampus hippocampus*), la cigale de mer naine (*Scyllarus pygmaeus*) et l'étoile de mer (*Asterina pancerii*). Il n'existe à l'heure actuelle aucune donnée concernant l'état de conservation des populations de ces deux dernières espèces dans la sous-région marine.

Pinna nobilis : cette espèce est citée dans l'annexe IV de la DHFF et dans l'annexe II de la convention de Barcelone. Les zones d'étude en France de cette espèce endémique de la Méditerranée sont principalement situées à Banyuls-sur-Mer, à Marseille et ses environs – Riou –, au niveau de l'archipel des Embiez, à Port-Cros, à Monaco, dans la réserve naturelle de Scandola et dans l'étang de Diane¹ [12] [13]. Des suivis de population ont été menés, notamment sur les sites de Port-Cros et Porquerolles [14] mais également dans la baie de Peyrefite au sein de la réserve naturelle de Cerbère-Banyuls. Les résultats obtenus en termes de densités lors de cette dernière étude sont plutôt encourageants et la tendance semble être à l'augmentation du nombre d'individus [15].

Paracentrotus lividus : l'oursin est inclus dans l'annexe III de la convention de Barcelone. La pêche serait la cause principale de la décroissance du stock [12]. Cette espèce utilise les herbiers de posidonie comme refuge et comme source de nourriture. Des suivis de *Paracentrotus lividus* ont été menés sur la Côte Bleue (région de Marseille) en 2010 et ont mis en évidence des densités basses et une diminution des stocks [16]. *Paracentrotus lividus* a également été suivi dans le parc national de Port-Cros de 1982 à 2003 mais les densités n'ont jamais diminué jusqu'aux limites considérées comme dangereuses pour la conservation des stocks [17]. Une étude préliminaire a également été conduite sur la côte des Albères mais sans suivi sur le long terme [18]. Enfin, mise en œuvre par l'Institut Océanique Paul Ricard, une étude est actuellement en cours dans la rade de Toulon et devrait permettre d'établir un état des stocks de *Paracentrotus lividus* dans ce secteur.

Hippocampus guttulatus et *Hippocampus hippocampus* : inscrits dans l'annexe II de la convention de Barcelone, dans l'annexe II du CITES ainsi que dans l'annexe II de la convention de Berne. Les hippocampes se reproduisent et s'installent dans certaines zones le long de la façade méditerranéenne, on les localise principalement dans les Pyrénées-Orientales, l'Hérault, le Gard, les Alpes-Maritimes et la Corse. À l'exception des travaux actuellement en cours du Groupe d'Étude de l'Hippocampe (GEH), principalement sur la lagune de Thau [19], aucune donnée sur la situation des populations d'hippocampes n'a été publiée à ce jour.

2. DISTRIBUTION DE L'HABITAT

À l'échelle du bassin méditerranéen, les surfaces totales couvertes par les herbiers sont estimées entre 30 000 et 40 000 km² ce qui représentent 1 à 2 % des fonds de la Méditerranée – 20 à 50 % des fonds entre 0 et 50 m de profondeur [20]. Les herbiers forment une ceinture quasi-continue tout autour de la Méditerranée, interrompue localement au niveau des estuaires, ports et autres zones de forte anthropisation [11]. À l'échelle de la sous-région marine, ils occupent une surface de 882 km². *Posidonia oceanica* est rare mais néanmoins présente en France continentale à l'ouest de l'embouchure du Rhône, et s'étend en un liseré presque continu de la Côte Bleue jusqu'à la frontière italienne [21]. En Languedoc-Roussillon, les herbiers occupent une surface de 2 km² [22] et leur limite de répartition est fortement liée aux facteurs naturels : turbidité et faible transparence des eaux, brassage des sédiments apportés par le Rhône notamment lors d'épisodes climatiques violents [23] [22] [24]. En région PACA, ils occupent une surface de 255 km² [21] et sont inégalement répartis : peu étendus dans les Bouches-du-Rhône, beaucoup plus dans le Var et les Alpes-Maritimes. Leurs limites de répartition

¹ Site dédié à *Pinna nobilis* : <http://pinnanobilis.free.fr>

dépendent fortement des impacts anthropiques [25] [26] [27] [28] [29]. En Corse, les herbiers les plus vastes se trouvent sur la côte orientale mais *Posidonia oceanica* est présente tout le long du littoral insulaire [2] [20] [30]. Les herbiers sont étendus et occupent une surface de 624 km² [21]. Leur répartition est fortement influencée par des facteurs environnementaux tels que la pente, les apports d'eau douce induisant une moindre transparence des eaux, ou la nature du substrat [31] [30]. La répartition de *Posidonia oceanica* à l'échelle de la sous-région marine est représentée en figure 1. Des cartes individuelles pour chacune des régions (Languedoc-Roussillon, PACA et Corse) sont disponibles sur internet².

L'herbier de posidonie a fait l'objet de nombreuses études cartographiques. Ces cartes sont pour la plupart disponibles sur le portail MEDBENTH.

L'objectif de ce portail est de mettre à disposition des données – y compris des données cartographiques – relatives aux peuplements benthiques, dont les herbiers de posidonie [32]. Les données sont actuellement bancarisées et intégrées à SEXTANT.

² <http://www.ifremer.fr/sextant/fr/web/dcsmm/>

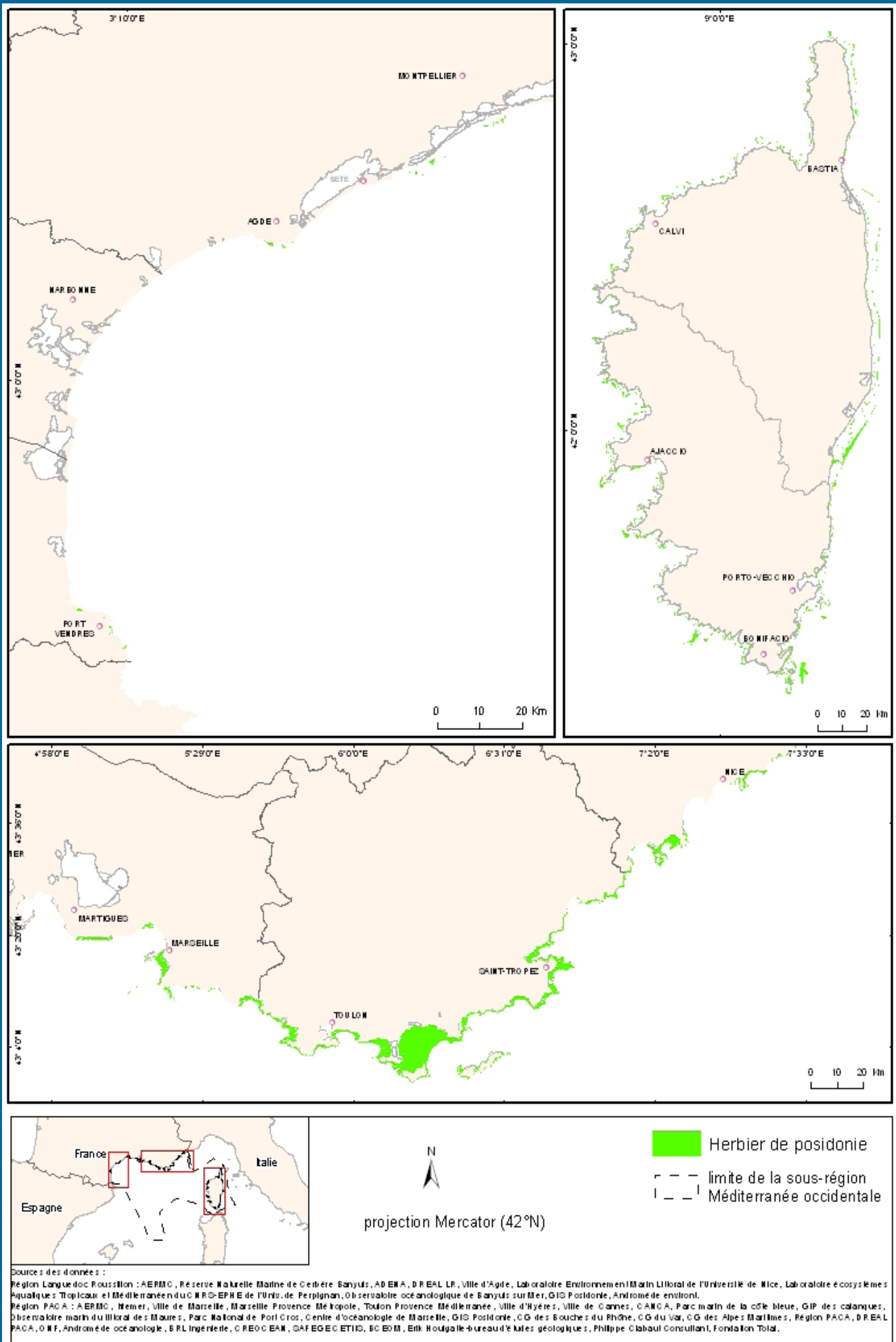


Figure 1 : Répartition des herbiers à *Posidonia oceanica* en Méditerranée occidentale (2011).

3. ÉTAT ÉCOLOGIQUE DE L'HABITAT

Les différentes études menées pour la sous-région marine permettent de dégager des tendances sur l'état général des herbiers de posidonie [33] [34] [21]. Les données regroupées dans le tableau 2 situé en annexe sont issues des campagnes DCE 2007 (en collaboration avec l'Université de Liège et la STARESO) et 2009 [35] [36] [37].

Les campagnes DCE s'inscrivent dans le cadre du partenariat entre l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse et l'Ifremer. Ces campagnes contribuent au programme de surveillance de la qualité des eaux de la Méditerranée. Des descripteurs chimiques et biologiques, parmi lesquels les herbiers de posidonie sont retenus afin de déterminer le bon état écologique des masses d'eau côtières [35] [38].

L'Ecological Quality Ratio (EQR) correspond au ratio entre le statut d'un élément de qualité biologique et le statut de référence [35] [38]. Ici, il est utilisé afin de caractériser l'état écologique de l'herbier de posidonie (tableau 1). Il est calculé à partir d'une méthode standardisée qui a été validée [39] [53] [36] [54].

QUALITÉ ÉCOLOGIQUE	TRÈS BON	BON	MOYEN	MÉDIOCRE	MAUVAIS	
EQR	1	0,775	0,55	0,325	0,10	0

Tableau 1 : Code couleur associant l'état biologique aux valeurs d'EQR correspondantes.

3.1. DES HERBIERS À *POSIDONIA OCEANICA* À DYNAMIQUE RÉGRESSIVE EN LANGUEDOC-ROUSSILLON

Les herbiers à *Posidonia oceanica* situés le long de la côte rocheuse des Albères sont les seuls en région Languedoc-Roussillon à présenter un bon état général (voir tableau 2 en annexe). L'évaluation de leur qualité écologique à partir de leur densité de faisceaux s'étend de « normale » à « très bonne » selon la classification validée au niveau de la convention de Barcelone lors du programme MedPosidonia en 2009 [22] [40] [41] [52]. La régression mise en évidence par de nombreuses études [7] [42] [53], tout en se poursuivant, s'est considérablement ralentie depuis 1997, y compris au sein de la réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls [22] [42]. Le long de la côte palavasienne et au niveau du Cap d'Agde, des régressions importantes ont été observées mais aucune explication n'a encore pu être trouvée du fait du manque de données et de suivi dans cette région [23] [24].

3.2. POURSUITE DE LA RÉGRESSION EN LIMITE INFÉRIEURE MAIS LÉGÈRE AMÉLIORATION EN LIMITE SUPÉRIEURE EN PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

De manière générale, l'analyse des données collectées dans le cadre du Réseau de Surveillance Posidonies (RSP) [32] montre qu'en limite supérieure, la dynamique de régression de l'herbier a diminué, laissant place à une progression depuis une quinzaine d'années, excepté pour certains sites des Alpes-Maritimes – Antibes, Villefranche. La progression mise en évidence doit cependant être nuancée du fait de la poursuite de la régression au niveau des limites inférieures, régression plus importante pour les sites situés à l'est du tombolo de Giens – de Martigues à Toulon – que pour les sites situés à l'ouest – de Giens à Villefranche – et qui s'accélère depuis le début des années 1990 [3] [5].

Plus vaste herbier des Bouches-du-Rhône, l'herbier du parc marin de la Côte Bleue montre néanmoins des signes de régression [25], de même que les herbiers de la rade nord et sud de Marseille³. Ces herbiers présentent toutefois en certains endroits une dynamique de progression à la suite de la mise en service d'une station d'épuration et du détournement de l'Huveaune, qui ont entraîné une diminution de l'apport en particules fines et par conséquent de la turbidité ainsi qu'une baisse des apports en matière organique [9] [43].

3 <http://www.parcmarincotebleue.fr/> ; http://www.cerege.fr/IMG/pdf/Oceanomars_resumes.pdf

Les herbiers s'étendant le long des calanques de Cassis jusqu'à la Ciotat ont également tendance à se stabiliser et présentent une bonne vitalité générale depuis la mise en place de stations d'épuration [44] [45] [46] [47].

Les herbiers présents dans le Var sont dans un bon état général (voir tableau 2 en annexe). Sur l'ensemble du site Natura 2000 de la rade d'Hyères, les herbiers présentent des limites profondes et la tendance à la régression, observée depuis quelques années, tend à ralentir et à aller vers une stabilisation, excepté au niveau des récifs-barrières du golfe de Giens et de Port-Cros [48] [27] [49] [29]. Sur des sites longtemps soumis à de forts impacts anthropiques comme par exemple la rade de Toulon (importants rejets en mer, artificialisation du littoral, arts traînants, prolifération des caulerpes), la forte régression des herbiers de posidonie – de 12 à 7,64 km² soit 40 % – semble s'être ralentie depuis quelques années, voire arrêtée dans certaines zones, entraînant une stabilité globale de l'herbier [26]. En revanche, un herbier en apparente bonne santé comme celui de la lagune du Bruscat n'en est pas moins soumis à une dynamique régressive lente due à la dégradation dans les secteurs de mouillages forains et aux nombreuses algues invasives avec lesquelles il est en contact [50].

Malgré la bonne vitalité des herbiers situés au niveau du Cap d'Antibes et d'Èze-sur-Mer, la majorité des herbiers entre Antibes et Cap d'Ail sont de faible vitalité. Les herbiers de Golfe Juan, de la partie ouest du golfe de Saint-Hospice, de Villefranche et dans une moindre mesure ceux situés à proximité du port de Nice sont particulièrement dégradés. Les mouillages forains, les rejets d'eaux usées par les nombreux bateaux en période estivale, les aménagements côtiers et enfin l'extension de *Caulerpa taxifolia*, *C. racemosa* et var. *cylindracea* semblent être les causes de la régression et la dégradation de ces herbiers [28]. Les fonds de la baie de Villefranche restent très envasés dès 20 m avec la présence de vastes zones de mattes mortes [28]. Au niveau de Saint-Jean-Cap Ferrat les herbiers présentent une bonne vitalité [28] malgré les effluents des communes de Villefranche et des agglomérations alentours qui, jusqu'à mars 2011, étaient rejetés directement sans traitement au large de Saint-Jean-Cap Ferrat.

Malgré le bon état général des herbiers, la poursuite de la régression en limite inférieure continue d'être observée et reste à l'heure actuelle inexplicée. La sensibilité des limites inférieures pourrait s'expliquer par des relations inter-faisceaux moindres à cause de la diminution de la densité avec la profondeur. L'existence d'un facteur de stress – ou de plusieurs –, dont les effets sur les herbiers sont plus importants avec la profondeur, pourrait également expliquer la poursuite de la régression. La différence de dynamique entre les sites est et ouest pourrait s'expliquer par une différence de la qualité des masses d'eau, avec une influence du courant Liguro-Provençal plus forte sur la Côte d'Azur, liée à des eaux de plus faible qualité, ou par une différence dans les températures des masses d'eau, avec le golfe du Lion plus froid et au contraire les eaux de la Côte d'Azur plus chaudes [5] [6].

3.3. UN BON ÉTAT GÉNÉRAL DES HERBIERS EN CORSE

Parmi les techniques d'évaluation de l'état écologique des herbiers de posidonie en Corse, on peut citer notamment le RSP Corse ainsi que le programme européen Interreg IIIB/Posidonia dont les résultats ont permis de définir les indices POSID (Posidonia Status InDex) et BIPO (Biotic Index based on *P. oceanica*) [51].

Étant donné le nombre réduit de centres urbains et industriels dans cette région, les herbiers de posidonie en Corse présentent en général une vitalité satisfaisante, et rares sont les secteurs où l'on observe des régressions importantes (voir figure 2). Cette région est moins soumise à l'artificialisation de son littoral que la région PACA. Ainsi près de 71 % du littoral de la Corse reste encore à l'état sauvage, contre seulement 29 % du littoral PACA. De plus, moins de 1 % des petits fonds (0 à 10 m de profondeur) sont occupés par des aménagements littoraux contre plus de 8 % sur le littoral PACA [2]. Cela explique les EQR relativement élevés de l'ensemble des stations (voir tableau 2 en annexe).

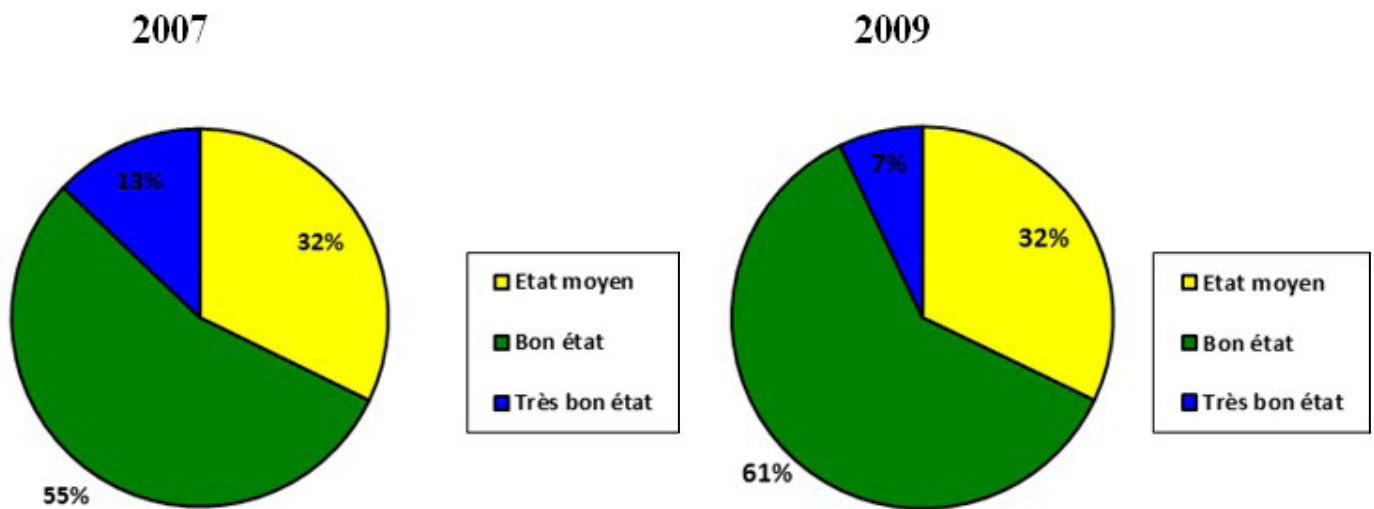


Figure 2 : Proportion des classes d'EQR à l'échelle de la sous-région marine Méditerranée occidentale en 2007 et en 2009 (Sources : Ifremer, 2011).

4. CONCLUSION

Espèce ingénier et écosystème-pivot de la bande littorale méditerranéenne, l'herbier à *Posidonia oceanica* est globalement bien étudié à l'échelle de la sous-région marine. En région Languedoc-Roussillon, les herbiers de posidonie, peu étendus et en limite géographique de répartition, présentent une dynamique régressive sans que l'on en connaisse aujourd'hui réellement les causes. Il y a pour ces herbiers un réel besoin de connaissances.

Globalement en bon état et bien distribués, les herbiers en région PACA n'en sont pas moins menacés à l'échelle locale. Mouillages, stations d'épurations, artificialisation du littoral, gestion des ressources vivantes (aquaculture et pêche aux arts trainants), espèces invasives, parmi lesquelles *C. taxifolia*, *C. racemosa* et var. *cylindracea*, sont autant de facteurs qui ont un impact sur les herbiers. Moins soumis aux impacts urbains, les herbiers situés en Corse sont bien distribués et dans un bon état général. Cette bonne situation n'empêche pas des régressions significatives dans plusieurs secteurs soumis à l'impact des chaluts benthiques, par exemple sur la côte orientale, ou à proximité des installations portuaires ou des rejets d'émissaires. D'une manière générale, la pression démographique de plus en plus forte, notamment en région PACA et en Corse, constitue une menace non seulement pour les herbiers à *Posidonia oceanica* mais également pour tous les écosystèmes littoraux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonel E., Divacco 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.
- [2] Pergent G., Leonardi R., Lopez Y., Royo C., Mimault B., Pergent-Martini C., 2008. Mise en œuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse – Rapport de synthèse. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1 – 273.
- [3] Pithois-Mille D., 2007. Préfiguration d'un Réseau de Surveillance Posidonie « nouvelle génération » en région Provence-Alpes-Côte d'Azur – Rapport de fin d'étude. Centre d'Océanologie de Marseille et Ifremer, la Seyne sur Mer : 1 – 41.
- [4] Duarte C.M., Middelburg J. et Caraco N., 2005 a. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2: 1–8.
- [5] Mayot N., 2007. Changements à long terme des limites inférieures de *Posidonia oceanica* en Provence et Côte d'Azur. Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée, Marseille : 1 – 140.
- [6] Mayot N., Boudouresque C.F., Leriche A., 2005. Unexpected response of the seagrass *Posidonia oceanica* to a warm water episode in the North Western Mediterranean Sea. *C.R. Biologies*, 328 : 291-296.
- [7] Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Océanogr.*, 27 (3) : 157-234.
- [8] Pergent-Martini C., 2000. *Utilisation des herbiers de phanérogames marines dans la gestion du littoral méditerranéen*. Diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches. Université de Corse Pascal Paoli : 1-298.
- [9] Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A., Molenaar H., Pergent G., Vitiello P., 1995b. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : Protection légale et gestion. In: *Pour qui la méditerranée au 21ème Siècle - Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée*. Actes du colloque scientifique Okeanos, Maison de l'Environnement de Montpellier publ., Fr. 209-220.
- [10] PNUE-PAM-CAR/ASP, 2000. Protocole relatif aux aires spécialement Protégées et à la Diversité biologique en Méditerranée. CAR/ASP édit., Tunis : 1-46.

- [11] Green E.P., Short F.T., 2003. World atlas of seagrasses. University of California, Berkeley, Los Angeles & London. 1-298.
- [12] Relini G., Tunesi L., 2009. Le sepecies protette del protocollo SPA/BIO (Convenzione di Barcelona) presenti in Italia. Schede Descrittive per l'Identificazione = Protected species according to the SPA/Bio (Barcelona Convention) present in Italy - Identification sheets. *Biol.Mar. Mediterr.*, 16 (suppl. 2): 1-433.
- [13] García-March J.-R., Vicente N., 2006. Protocole d'étude et de surveillance des populations de *Pinna nobilis* dans les Aires marines protégées. Projet MedPAN – Interreg IIIC. : 1-79.
- [14] Vicente N., 2009. Poursuite de l'inventaire des populations de *Pinna nobilis* sur les sites de Port Cros et Porquerolles, (rapport définitif), *Contrat Parc National de Port-Cros* : 1-30.
- [15] Payrot J., Jenot S., 2009. Suivi des grandes nacres (*Pinna nobilis*) au sein de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls – Recensement dans la baie de Peyrefite : 1-32.
- [16] Bachet F., Monin M., Charbonnel E., 2010. Suivi de l'évolution des populations d'oursins comestibles (*Paracentrotus lividus*) sur la Côte Bleue – Résultats des comptages en octobre 2010. Rapport Parc Marin de la Côte Bleue et Comités Locaux des Pêches de Martigues et Marseille : 1-18.
- [17] Heureu B., Linares C., Diaz D., Dantart L., Garrabou J., Sala E., Ballesteros E., Harmelin J-G, Zabala M., 2005. Indicateurs de diversité en milieu marin : les échinodermes, fluctuations temporelles des peuplements d'échinodermes à Port-Cros 1982-2003, Université de Barcelone 1-29.
- [18] Quieff C., 2006. Données préliminaires sur les stocks de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et leur exploitation sur la Côte des Albères (Pyrénées Orientales, France) – Rapport de fin d'étude. Université de Perpignan, Conseil Général des Pyrénées Orientales, Réserve Marine de Cerbère-Banyuls, Université de Perpignan : 1-34.
- [19] Groupe d'étude de l'hippocampe, 2010. Voile de Neptune, Innovaqua, Picture aqua, BUCHAT : 1-56.
- [20] Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., 1998. Use of Remote Sensing for the Characterization of the Mediterranean Coastal Environment: The Case of *Posidonia oceanica*. *Journal of Costal conservation* 4 : 59-66.
- [21] Leonardini R., Pergent G., Boudouresque C.F., 2008. État des connaissances sur la répartition géographique des herbiers de magnoliophytes marines en Méditerranée. Contrat GIS Posidonie-CAR/ASP n°46/2007 : 1-386.
- [22] Ferrari B., 2006. Étude synécologique de *Posidonia oceanica* et de *Sarpa salpa* le long de la côte rocheuse des Albères (Pyrénées-Orientales, France) ; influence d'une aire marine protégée. Thèse Doct. « Milieux, organismes et évolutions ». Laboratoire des Ecosystèmes Aquatiques Tropicaux et Méditerranéens, CNRS : 1-315.
- [23] ADENA, 2003. Documents d'objectifs du site Natura 2000 FR 910 1414 « Posidonies du Cap d'Agde », partie 1 : inventaire de l'existant et analyse écologique : 1-301.
- [24] Holon F., Descamp P., 2008. Étude et cartographie du milieu marin du site Natura 2000 FR 910 1413 « Posidonies de la Côte Palvasienne », Andromede Environnement. Rapport final. Contrat DIREN & Andromede Environnement. Andromede publ. : 1-107.
- [25] Denis J., Hervé G., Deneux F., Sauzade D., Bonhomme P., Bernard G., Boudouresque C.F., Leriche A., Charbonnel E., Le Direac'h L., 2003. Cartographie des biocénoses marines de la Côte Bleue - Volet n°1 : l'Herbier à *Posidonia oceanica*, Agence de l'eau RMC, Région PACA, DIREN PACA, Gis Posidonie, Ifremer, Centre d'Océanologie de Marseille, Parc Marin de la Côte Bleue : 1-93.
- [26] ANDROMEDE OCEANOLOGIE, 2009. Étude et cartographie des biocénoses marines de la rade de Toulon Evolutions 2009/2001. Contrat ANDROMEDE OCEANOLOGIE / Communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée : 1-173.
- [27] Document d'objectifs NATURA 2000, la côte d'Hyères et son archipel (FR9301613), les îles d'Hyères (FR9310020) île de Port-Cros, 2008 ; Parc national de Port-Cros : 1-221.
- [28] 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.
- [29] Ruitton S., Bonhomme D., Bonhomme P., Cadiou G., Emery E., Harmelin J.G., Herve G., Kantin R., 2007. Étude et cartographie des biocénoses du milieu marin de l'île du Levant (Var - France). Phase 3 - Rapport final, Contrat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie - Ifremer, GIS Posidonie Publ. : 1 – 163.
- [30] Pasqualini V., 1997. Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral corse (Méditerranée, France). Thèse Doctor. « Ecologie marine », Univ. Corse: 1-165.
- [31] Clabaut P., 2010. Facteurs naturels et anthropiques de distribution et de dynamique des fonds marins côtiers. Application aux fonds sableux de Manche orientale et aux herbiers de posidonies de Corse. *Mémoire HDR Univ. Corse* : 1-200.
- [32] Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bonhomme P., Bernard G., Cadiou G., Patrone J., Kruczek R., Cottalorda J.M., Bertrand M.C., Foret P., Bricout P., Ragazzi M., Le Diréac'h L., 2003. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur : résultats du suivi 2002. Région PACA/Agence de l'Eau RMC/GIS Posidonie/SM 13/DDE 83/Conseil General 06. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.
- [33] Anonyme, 2006. Manuel de gestion des impacts sur les herbiers de *Posidonia oceanica* ; Confrontation des approches des méthodes de gestion entre les régions Ligurie, PACA, et Catalogne, Projet INTERREG IIIB « Posidonie » : 1-37.

- [34] PNUE-PAM-CAR/ASP, 2007. Lignes directrices pour les études d'impacts sur les herbiers de phanérogames. Document d'information pour la Huitième réunion des Points focaux pour les ASP, Palerme – Italie, 6-9 Juin 2007, préparé par Le Ravallec C., 2007, CAR/ASP publ. : 1-53.
- [35] Andral B., Derolez V. (coordinateurs), 2007. DCE : mise en œuvre du contrôle de surveillance. Résultats de la campagne 2006. District Rhône et Côtiers méditerranéens. Convention AERM&C/Ifremer n° 2006-1635. RST.DOP/LER/PAC/07-28 : 1-193.
- [36] Gobert S., Sartoretto S., Rico-Raimondino V., Andral B., Chery A., Lejeune P., Pierre Boissery P., 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1727–1733.
- [37] Andral B., Sargian P. (coordinateurs), 2011. DCE : Contrôles de surveillance/opérationnel. Résultats de la campagne 2009. District Corse. Convention Agence de l'Eau RM&C/Ifremer n°20090108 & 20090109. RST.DOP/LER-PAC/10-20 : 1-99.
- [38] Andral B., Sargian P. (coordinateurs), 2011. DCE : Contrôles de surveillance/opérationnel. Résultats de la campagne 2009. District Rhône et Côtiers méditerranéens. Convention Agence de l'Eau RM&C/Ifremer n°20090108 & 20090109. RST.DOP/LER-PAC/10-19 : 1-129.
- [39] Gobert S., Andral B., Boissery P., Chery A., Lejeune P., Pelaprat C., Rico-Raimondino V., Sartoretto S., 2008. Soutien méthodologique à la mise en œuvre de la Directive Cadre Eau item : Herbier de Posidonie : Validation du protocole de calcul : 1-26.
- [40] PNUE 2009 : Pergent G., Aktan Y., Belbacha S., Djellouli A., Dupuy de la Grandrive R., Elagil E.M., El Asmi S., Gucu A.C., Langar H., Laouar S., Pergent-Martini C., Rais C., Semroud C., Sherif M., 2009. Setting up the Medposidonia Programme in the Mediterranean Sea. INOC-IMST International Workshop ICZM-2009 : 144-152.
- [41] Licari M.L., Lenfant P., Amouroux J.M., Dupuy de la Grandrive R., Labrune C., Foulquie M., Rochel E., Bonhomme P., Cadiou G., 2004. Document d'objectifs site Natura 2000 « Posidonies de la Côte des Albères ». Phase I : Inventaire et analyse de l'existant ; Volume 2 : Description et synthèse ; 1-107.
- [42] Descamps 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. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales, L'OEil d'Andromède publ. : 1-45.
- [43] Anonyme, 2007. Cartographie des habitats marins - Plan de gestion de la rade de Marseille. Ville de Marseille, Agence de l'Eau RM&C, DIREN PACA, Conseil Régional PACA, Conseil Général des Bouches du Rhône, Marseille Provence Métropole, BCEOM.
- [44] Ramade A., 1986. Etude d'impact de la station d'épuration. Rapport final : 1-111+ annexes.
- [45] Charbonnel E., Bonhomme P., Bernard G., Cadiou G., Le Diréac'h L., 2003. Analyse de l'état initial du milieu marin sur le site du rejet de la station d'épuration de Cassis. 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., Marseille : 1-47.
- [46] Philippe Clabaut Consultant., 2003. « Étude du patrimoine marin environnant les domaines départementaux de l'île verte et du Mugel - phase 1 (Etat de la connaissance) », Conseil général des Bouches du Rhône, GIS Posidonie, Ifremer, Agence de l'Eau RMC, Région PACA, COM.
- [47] Cadiou G., Bonhomme P., Boudouresque C.F., Bellan G., Bourcier M., Emery E., 2006. Étude 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 : 1-82 + annexes.
- [48] Paillard M., Gravez V., Clabaut P., Walker P., Blanc J.J., Boudouresque C.F., Belsher T., Urscheler F., Poydenot F., Sinnassamy J.M., Augris C., Peyronnet J.P., Kesler M., Augustin J.M., LeDrezen E., Prudhomme C., Raillard J.M., Pergent G., Hoareau A., Charbonnel E., 1993. Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var - France). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation. Ifremer & GIS Posidonie Publ. : 1-36 + 3 cartes annexes.
- [49] Ruitton S., Bonhomme D., Bonhomme P., Cadiou G., Emery E., Harmelin J.G., Herve G., Kantin R., Zibrowius H., 2007. Étude et cartographie des biocénoses du milieu marin de l'île de Porquerolles (Var - France). Phase 3 - Rapport final, Contrat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie - Ifremer, GIS Posidonie Publ. : 1 – 153.
- [50] Rouannet E., Bonnefont J-L. Lelong P., Durand R., 2009. Site Natura 2000 FR 9302001 « Lagune du Brusac » – Document d'Objectifs – Tome 1 : Diagnostics écologiques et socio-économiques, enjeux et objectifs de conservation hiérarchisés – Note de synthèse. Institut Océanographique Paul Ricard – Mairie de Six-Fours-les-Plages : 1-45.
- [51] Lopez y Royo C., 2008. Utilisation de *Posidonia oceanica* comme outil de gestion dans le cadre de l'évaluation du bon état écologique du milieu littoral. Thèse Doctorat « Ecologie marine », Université de Corse : 1-242.
- [52] PNUE-PAM-CAR/ASP, 1999. Plan d'action relatif à la conservation de la végétation marine en méditerranée. CAR/ASP édit., Tunis : 1-47.
- [53] Centene L., 1992. Cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* en baie de Peyrefitte. Proposition de gestion des mouillages. DESS Ecosystèmes méditerranéens, Univ. Corse : 1-55.

5. ANNEXES

Tableau 2 : Comparaison entre les données obtenues en 2007 (campagne DCE 2007 en collaboration avec la STARESO et l'Université de Liège) et en 2009 (campagnes DCE 2009) en Rhône et côtiers (L-R et PACA) et en Corse.

Rhône et côtiers méditerranéens				Corse			
Stations		EQR 2007	EQR 2009	Stations 2007	EQR 2007	Stations 2009	EQR 2009
L-R	Banyuls	0,679	0,554	Calvi	0,724	Calvi	0,736
	Agde	0,473	0,543	Saint Florent	0,478	Saint-Florent	0,503
	Carnon	0,485	0,512	Aregno	0,789	Canari	0,617
PACA	Couronne	0,511	0,504	Macinagio	0,650	Rogliano	0,748
	Carry	0,685	0,573	Biguglia	0,721	Biguglia	0,597
	Corbières	0,381	0,415	Erbalunga	0,741	Aléria	0,727
	Prado	0,634	0,627	Tagliolsolaccio	0,690	Porto-Vecchio	0,665
	Plateau des chèvres	0,490	0,514	Sant'Amanza	0,542	Sant'Amanza	0,525
	Cassis	0,581	0,555	Large Diana	0,689	Rondinara	0,749
	Le Brusca	0,637	0,623	Bravone	0,779	Bonifacio	0,568
	Carqueiranne	0,712	0,685	Bruzzi	0,619	Bruzzi	0,767
	Levant	0,776	0,785	Ajaccio	0,495	Ajaccio	0,543
	Saint-Raphaël	0,716	0,703	Cargèse	0,668	Cargèse	0,788
	Antibes	0,606	0,581	Piantarella	0,597		
	Villefranche	0,381	0,400	Porto pollo	0,386		
				Tiucca	0,630		