

Dossier d'accompagnement

-Formulaire CERFA n°13617*01-

L'herbier à posidonie

La Posidonie, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, est une phanérogame endémique de la mer Méditerranée qui peut constituer de véritables prairies sous marines. Cette plante angiosperme est constituée de faisceaux de feuilles, de racines et de rhizomes, qui sont des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment. On nomme « matras » l'ensemble constitué par les rhizomes, les écailles (gainés des feuilles caduques), les racines et par le sédiment qui remplit les interstices. Exceptées les feuilles, les parties mortes de la plante sont peu putrescibles, ce qui explique leur longue conservation (plusieurs siècles ou millénaires) à l'intérieur de la matras (Boudouresque *et al.*, 2006). La matras sert d'ancrage à l'herbier mais joue également un rôle



1. La fleur de *Posidonia oceanica* ; 2. Trois fruits dans l'herbier ; 3. Graine et fruits de posidonie en train de flotter.

important dans la stabilisation des fonds.

Les herbiers à *Posidonia oceanica* occupent une surface restreinte (1 et 2 % des fonds de la Méditerranée soit 3.5 à 3.7 millions d'hectares (Rico-Raimondino, 1995; Pasqualini, 1997)). Cependant, ils constituent la biocénose la plus complexe de Méditerranée (Molinier et Picard, 1952 ; Pérès et Picard, 1964; Boudouresque et Meinesz, 1982) et sont à la base de la richesse de ses eaux littorales (Molinier et Picard, 1952; Cinelli *et al.*, 1974; Boudouresque et Meinesz, 1982). Leur rôle écologique est majeur : production primaire benthique, production d'oxygène (Drew et Jupp, 1976 ; Caye, 1980; Bedhomme *et al.*, 1983; Bay, 1978), transparence des eaux par le piégeage des particules en suspension (Blanc et Jeudy De Grissac, 1984), base de nombreuses chaînes alimentaires (Vélimirov, 1984), lieu de frayère, nurserie, abris vis-à-vis des prédateurs ou habitat permanent pour des milliers d'espèces animales et végétales (Boudouresque *et al.*, 2006).

Dans de nombreux secteurs du littoral méditerranéen, les herbiers de Posidonie connaissent de fortes régressions. Les facteurs d'impact avancés sont divers : aménagements côtiers (emprises directes, modifications de l'hydrodynamisme et de la sédimentation (Andromède, 2013)), pollutions (hydrocarbures, pesticides, métaux lourds, matière organique, matières en suspension, macro déchets), ancres, etc. (Boudouresque *et al.*, 2009).

Son importance et ses exigences écologiques font de *Posidonia oceanica* une espèce bio-indicatrice couramment utilisée pour le suivi de la qualité de l'eau. Ainsi, l'herbier à posidonie est un des éléments biologiques définis pour mesurer l'état écologique des masses d'eaux côtières en mer Méditerranée demandée par la Directive Cadre Eau (DCE, 2000/60/CE). Il est donc nécessaire de surveiller l'évolution de l'état de cet habitat dans le temps et dans l'espace.

TEMPO, un réseau de surveillance des herbiers à posidonie



Soutenu par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, le réseau TEMPO a été créé en 2011 en Corse. Il s'étend sur l'ensemble de la façade méditerranéenne française bordée par les trois régions **Corse, Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et Occitanie.**

TEMPO a pour missions de **promouvoir l'habitat des herbiers de posidonie** et de **surveiller à long terme l'évolution de son état.** Les objectifs sont de recueillir des données descriptives sur la dynamique des herbiers à Posidonie et de suivre leurs évolutions dans le temps et dans l'espace.

La dynamique des herbiers est suivie en limite inférieure par les mesures de densité et de déchaussement des faisceaux ajoutées à une cartographie par télémétrie acoustique de la limite et par photogrammétrie. Ces données descriptives et leurs évolutions dans le temps (période de trois ans) et l'espace (minimum d'un site par masse d'eau) complètent l'estimation de la qualité écologique des masses d'eau côtières demandée par la DCE et aident à évaluer l'efficacité des mesures correctives mises en place afin d'atteindre ou maintenir le bon état visé par cette directive.

Les données issues de TEMPO permettent de renseigner des descripteurs qualitatifs définis dans le cadre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM, 2008/56/CE) pour évaluer le bon état écologique des eaux marines. Ainsi pour la sous-région Méditerranée occidentale certains paramètres acquis *via* TEMPO s'intègrent au sous-programme thématique « Etat écologique des habitats subtidiaux côtiers de substrat meuble » du programme thématique de surveillance « Habitats benthiques et intégrité des fonds marins ».

Depuis 2014 un autre objectif a été ajouté au réseau TEMPO : **caractériser les herbiers de *Posidonia oceanica* à la profondeur intermédiaire** de - 15 mètres (profondeur représentative de l'herbier en Méditerranée (Gobert et al., 2009b)) selon les **protocoles standardisés du PREI** (Gobert et al., 2009) et de **l'EBQI (Ecosystem-Based Quality Index)** (Personnic et al., 2014a). Ces sites, localisés à -15 m, se situent dans l'alignement des sites TEMPO existants en limite inférieure de l'herbier.

Campagnes de surveillance TEMPO 2018 à 2020

Les campagnes de surveillance de l'herbier de posidonie menées en 2018, 2019 et 2020 par Andromède Océanologie répondent au marché lancé en 2017 par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse intitulé : « Surveillance des eaux côtières des bassins Rhône Méditerranée et Corse ». **Le lot 1 porte sur l'évaluation de l'état écologique de l'herbier de posidonie et la pose de thermomètres.**

Le formulaire CERFA n°13617*01 joint au dossier concerne les sites du réseau TEMPO échantillonnés lors des trois campagnes TEMPO de 2018 à 2020. Ces sites, localisés à la profondeur intermédiaire, font l'objet d'un arrachage manuel de faisceaux afin de calculer l'indice du PREI (Gobert et al., 2009). 18 sites sont concernés par ce formulaire CERFA.

Localisation des sites

La caractérisation de l'état écologique de l'herbier de posidonie est réalisée **par campagne régionale annuelle**, à savoir :

- En 2018, l'acquisition des données et leur interprétation pour les eaux côtières de la région Occitanie et la partie Ouest de la région Provence Alpes Côte d'Azur (de Marseille à Toulon - départements des Bouches du Rhône et du Var (masses d'eau côtières FRDC05 à FRDC07e)) ;
- En 2019, l'acquisition des données et leur interprétation pour les eaux côtières de la région Est Provence Alpes Côte d'Azur (de Toulon à Menton - départements du Var et des Alpes Maritimes (masses d'eau côtières FRDC07f à FRDC10c)) ;
- En 2020, l'acquisition des données et leur interprétation pour les eaux côtières de la région Corse.

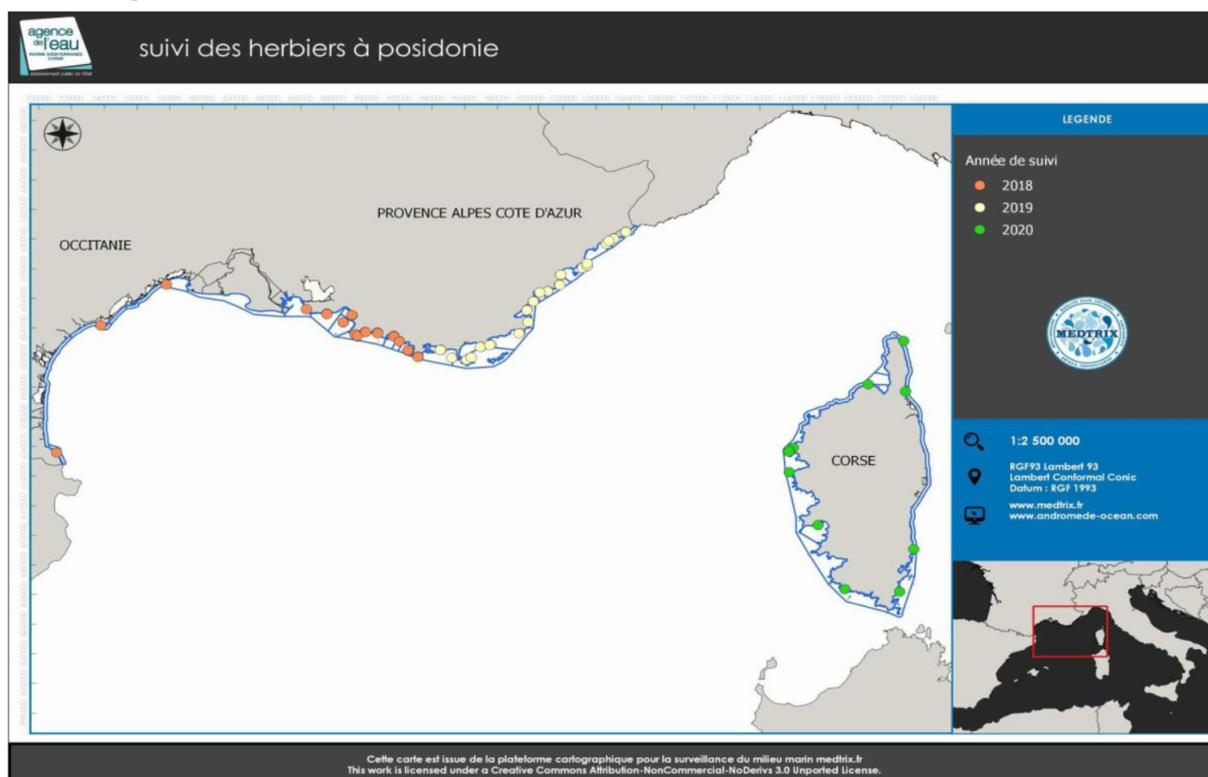
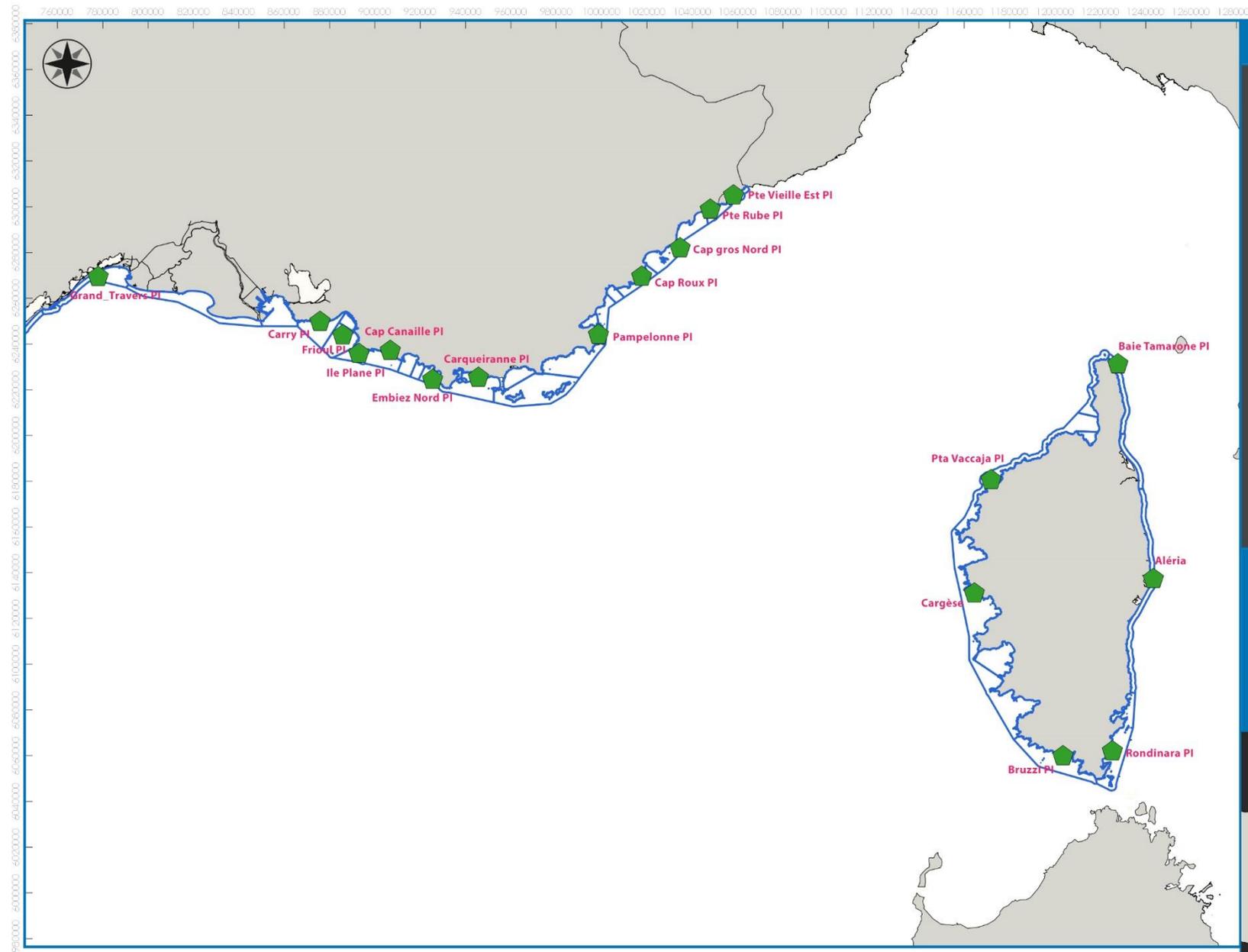


Figure 1 : Localisation des sites d'herbier de posidonie qui seront échantillonnés dans le cadre du marché lancé par l'Agence de l'eau RMC.

Pour les trois années, **96 sites de surveillance de la posidonie** seront échantillonnés sur les trois régions confondues (carte suivante) dont **53 sites localisés en limite inférieure d'herbier** et **47 sites à la profondeur intermédiaire**.

Parmi ces 47 sites, 18 sont concernés par l'application du protocole PREI et donc le formulaire CERFA (tableau ci-dessous et carte suivante).

Campagne de surveillance	Nb de sites d'herbier échantillonnés	Nombre de sites localisés à -15m	Nombre de sites sur lesquels s'applique le protocole PREI
2018	24	14	6
2019	39	20	6
2020	33	13	6



LEGENDE

Indice PREI

 Indice PREI

 Masse d'eau côtière



1:2 383 539



RGF93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993



www.medtrix.fr
www.andromede-ocean.com



La carte précédente présente donc les sites concernés par le formulaire CERFA. Ces **18 sites « PREI » sont** situés au large des communes suivantes :

- Campagne 2018 : la Grande Motte (site Grand Travers dans l'Hérault), Sausset les Pins (site Carry PI), Marseille (site Frioul PI), Marseille proche du parc des Calanques (site Ile Plane PI), Cassis (Cap Canaille PI), Six Fours les Plages (site Embiez Nord Pi) ;
- Campagne 2019 : Le Pradet (site Carqueiranne PI), Ramatuelle (site Pampelonne PI), Saint-Raphaël (Site Cap-Roux PI), Antibes (site Cap Gros Nord PI), Villefranche sur Mer (site Pte Rube PI), Roquebrune-Cap-Martin (Site Pointe Vieille Est PI) ;
- Campagne 2020 : Rogliano (site Baie Tamarone large PI), Aléria (site Aléria), Rondinara (site Rondinara PI), Pianottoli (site Bruzzi), Calvi (site Pta Vaccaja PI) et Cargèse (site Cargèse).

Matériel et méthodes

Site « PREI » - Profondeur intermédiaire (-15 mètres)

Les 14 sites TEMPO répartis en limite inférieure en régions Occitanie et PACA Ouest sont suivis à l'aide de trois types de mesures : une description générale du site, une cartographie de la limite inférieure de l'herbier à posidonie par télémétrie acoustique, et des mesures de vitalité de l'herbier en limite inférieure. Aucune de ces méthodes n'est destructive.

Les **six sites « PREI » concernés par le formulaire CERFA n°13617*01** sont situés à la profondeur intermédiaire, au droit d'un site localisé en limite inférieure de l'herbier (site TEMPO). Trois paramètres sont relevés (densité, surface foliaire et charge épiphytaire) dont **deux nécessitent un arrachage manuel des faisceaux de *Posidonia oceanica***.

A - 15 mètres sur les six sites « PREI » trois paramètres sont relevés (Gobert *et al.*, 2009).

a. Densité de faisceaux de posidonie (faisceaux/m²)

La densité de faisceaux (nombre de faisceaux de feuilles vivantes par m²) est calculée dans 20 quadrats de 40 x 40 cm *in situ*. Ces quadrats sont lancés au hasard mais en évitant les taches de sable.

b. Surface foliaire (cm²/faisceau)

Mesure de la surface foliaire (SF) sur 20 faisceaux orthotropes de posidonies prélevées à -15 mètres selon Giraud (1979).

Au laboratoire les faisceaux sont détachés des rhizomes et décortiqués en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles. Elles sont ensuite dénombrées et classées en fonction de leur âge :

- Feuille adulte pourvue d'une base
- Feuille intermédiaire dépourvue de pétiole ou dont le pétiole est inférieur à 2 mm
- Feuille juvénile dépourvue de pétiole et dont la longueur n'excède pas 50 mm.

Chaque feuille est numérotée en fonction de sa position dans le faisceau. Pour chacune d'elle on mesure ensuite la longueur totale, la longueur du pétiole et la largeur. Ces paramètres permettent ensuite de calculer la surface foliaire (SF) de chaque faisceau.

$$SF = (\text{somme des longueurs des feuilles intermédiaires} \times \text{moyenne des largeurs des feuilles intermédiaires}) + (\text{somme des longueurs des feuilles adultes} \times \text{moyenne des largeurs des feuilles adultes})$$

c. Charge épiphytaire

Calcul du ratio épiphytes/feuilles sur 20 faisceaux orthotropes de posidonies prélevés à -15 mètres (Dauby and Poulicek, 1995) et analysés en laboratoire.

$E/L = \text{poids sec des épiphytes} / \text{poids sec des feuilles}$

Après les mesures de biométrie pour la surface foliaire, chaque feuille est grattée sur les deux faces avec une lame de rasoir afin de retirer l'ensemble des épiphytes. Les feuilles et les épiphytes d'un même faisceau sont mis à sécher séparément à 70°C pendant 48h puis pesés au milligramme près.

Au total **20 faisceaux orthotropes seront arrachés sur chacun des 18 sites « PREI » durant les campagnes de juin 2018, 2019, et 2020 soit un total de 360 faisceaux (120 faisceaux par campagne)**. Ces faisceaux ne seront pas réimplantés mais analysés en laboratoire à Andromède Océanologie à Carnon (34280).

Au total la demande concerne l'arrachage **dans le département du Var de 80 faisceaux (quatre sites), dans le département des Bouches du Rhône de 80 faisceaux (quatre sites), dans le département Alpes Maritimes de 60 faisceaux (trois sites), dans le département de l'Hérault (région Occitanie) de 20 faisceaux (un site) et en Corse de 120 faisceaux (six sites)**.

Résultats

Pour tous les sites TEMPO une fiche est disponible en ligne sur la plateforme cartographique www.medtrix.fr. Elle comprend une **description** et **cartographie de l'herbier à posidonie par télémétrie acoustique**, des photographies du site, et des mesures de vitalité avec comparaison nationale.

Les données relevées sur les sites "PREI" permettront de définir l'indice **PREI correspondant à l'EQR (Ecological Quality Ratio)**. L'EQR permet de déterminer le statut écologique d'un site d'après la classification de la DCE (tableau ci-contre).

Statut écologique (DCE)	EQR
Excellent	>0,775-1
Bon	>0,55-0,775
Moyen	>0,325-0,55
Médiocre	>0,1-0,325
Mauvais	0-0,1

$$EQR = (EQR' + 0.11) / (1 + 0.1)$$

Avec $EQR' = (N \text{ densité} + N \text{ surface foliaire} + N (E/L) + N \text{ limite inférieure}) / 3.5$

$N \text{ densité} = \text{valeur mesurée} - 0 / \text{valeur de référence} - 0$;

$N \text{ surface foliaire} = \text{valeur mesurée} - 0 / \text{valeur de référence} - 0$;

$N (E/L) = [1 - (E/L)] * 0.5$

$N \text{ limite inférieure} = (\text{valeur mesurée} - 17) / (\text{valeur de référence} - 17)$; 17 mètres est considérée comme la valeur la plus basse de la limite inférieure de posidonies

	Valeurs limites	Profondeur limite	Densité	Surface foliaire	Charge épiphytaire
Languedoc	Valeur de référence	15	983	295	0
	Valeur de la classe rouge	1	0	0	0
Roussillon	Valeur de référence	22	675	296	0
	Valeur de la classe rouge	12	0	0	0
PACA	Valeur de référence	37	675	465	0
	Valeur de la classe rouge	12	0	0	1
Corse	Valeur de référence	41	483	546	0
	Valeur de la classe rouge	17	0	0	1

Les données concernant les sites « PREI » seront accessibles sur des fiches sur MEDTRIX (www.medtrix.fr) et feront l'objet d'un rapport qui sera envoyé l'année qui suit la campagne de terrain (donc lors du premier semestre de 2019, 2020 et 2021) à la DREAL.

Bibliographie

- ANDROMEDE. 2013. Cartographie évolutive des herbiers de Posidonie en Région PACA depuis 1922. Document de synthèse, contrat Œil d'Andromède/Agence de l'eau. 81p.
- BAY D., 1978. Etude *in situ* de la production primaire d'un herbier de posidonie, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, dans la baie de Calvi, Corse. Thèse Faculté des Sciences, Université de Liège : 1-251.
- BEDHOMME, A.L., THELIN, I. BOUDOURESQUE, C.F., 1983. Mesure de la production primaire des feuilles de *Posidonia oceanica* : modification de la méthode de ZIEMAN. *Botanica Marina*. 26 : 35-43.
- BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A., 1984. Erosions sous-marines des herbiers à *Posidonia oceanica* Méditerranée. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, BOUDOURESQUE C. F., JEUDY BLOUET S., LENFANT P., DUPUY DE LA GRANDRIVE R., LAFFON J-F, CHERE E., COURP T., GRUSELLE MC., FERRARI B., PAYROT J, 2011. Mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon. Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD/CEFREM-CG66-AAMP, Fr 48p.
- BLOUET S., LENFANT P., DUPUY DE LA GRANDRIVE R., LAFFON J-F., CHERE E., COURP T., GRUSELLE MC, FERRARI B., PAYROT J. 2011. Mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon. Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD/CEFREM-CG66-AAMP, Fr., 48p.
- BOUDOURESQUE C.-F., MEINESZ A. 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. Cahier du Parc national de Port Cros, 4: 1-79.
- 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 publication. Fr : 1-202.
- CAYE G. 1980.- Sur la morphogenèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L. Delile). Thèse doctorat 3^o cycle, Université Aix-Marseille II, Fr. : 1-121.
- CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., BERNARD G., BONHOMME P., PATRONE J., KRUCZEK R., COTTALORDA J.M., BERTRANDY M.C., FORET P., RAGAZZI M., LE DIREAC'H L., 2000a. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence- Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA, Agence de l'Eau RMC, GIS Posidonie, CQEL 13, CQEL 83, Conseil Général 06, GIS Posidonie publ. : 1-76.
- CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., BONHOMME P., BERNARD G., PATRONE J., KRUCZEK R., COTTALORDA J.M., BERTRANDY M.C., FORET P., BRICOUT P., RAGAZZI M., CADIOU G., LE DIREAC'H L., 2000b. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Seconde partie : résultats du suivi 1999. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.: 1-142.
- CINELLI F., COLANTONI P., FRESI E., SOLAINI P., 1974. La prateria sommersa. *Subacqueo*. 1 (9) : 19-21.
- DESCAMP P., PERGENT G., BALLESTA L., FOULQUIE M., 2005. Underwater acoustic positioning systems as tool for *Posidonia oceanica* beds survey. *Compte Rendus Biologies de l'Académie des Sciences. C.R. Biologies* 328 : 75-80.
- DESCAMP P., BALLESTA L. HOLON F., 2007. Suivi de deux herbiers de posidonie dans la réserve marine de Cerbère – Banuyls : baie de Tancade et anse du Pin Parasol. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales. L'Œil d'Andromède publ.
- DESCAMP P., HOLON F., BALLESTA L., 2009. Microcartographie par télémétrie acoustique de 9 herbiers de posidonie pour le suivi de la qualité des masses d'eau côtières méditerranéennes françaises dans le cadre de la DCE. Contrat L'Œil Andromède/Agence de l'Eau, CRLR, CRPACA. Andromède publ., Montpellier, Fr. :1-59p. + annexes.
- DESCAMP P., HOLON F., BALLESTA L., GUILBERT A., GUILLOT M., BOISSERY P., RAIMONDINO V., DETER J., 2010. Fast and easy method for seagrass monitoring: Application of acoustic telemetry to precision mapping of *Posidonia oceanica* beds. *Marine Pollution Bulletin*. 62: 284-292.
- DETER J., HOLON F., DESCAMP P., 2010. Surveillance de l'herbier de posidonie – Année 2010. Evaluation de l'évolution de l'herbier de Posidonie entre 2000 et 2010 sur le littoral des Maures dans le cadre de l'observatoire marin du SIVOM. Rapport Final. Contrat SIVOM du littoral des Maures et Andromède *Océanologie publ.* : 67 p.

- DREW E.A., JUPP B.P., 1976. Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. Underwater Research, Academic Press, London. p. 357-367.
- LEPAREUR F., 2011. Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 – Guide méthodologique - Version 1. Février 2011. Rapport SPN 2011 / 3, MNHN, Paris, 55 p.
- LOPEZ Y ROYO C., CASAZZA G., PERGENT-MARTINI, C., PERGENT G. 2010. A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecological Indicators*. 10: 380–389.
- LOPEZ Y ROYO C., PERGENT G., ALCOVERROE T., BUIAC M.C., CASAZZAD G., MARTÍNEZ-CREGOE B., PÉREZ M., SILVESTRE F., ROMERO J.2011. The seagrass *Posidonia oceanica* as indicator of coastal water quality: Experimental intercalibration of classification systems. *Ecological Indicators*. 11 : 557–563.
- MOLINIER R., PICARD J., 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines sur le littoral méditerranéen français. *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris. 27 (3) : 157-234.
- PANAYOTIDIS P., BOUDOURESQUE C-F., MARCOT-COQUEUGNIOT J. 1981. Microstructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Botanica Marine*. 24 : 115-124.
- PASQUALINI V., 1997. Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral Corse (Méditerranée, France). Thèse Doctorat, Université Corse : 1-190.
- PERES J.M., PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Station marine Endoume*. Fr., 31 (47): 5-137.
- PERGENT G., LEONARDINI 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 2004-2008. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1 - 273
- PERGENT-MARTINI C., PERGENT G., 1996. Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean - France). In: Kuo J., Phillips R.C., Walker D.I., Kirkman H. edits. *Seagrass Biology: Proceedings of an International Workshop*. Univ. Western Australia publ.: 299-306.
- RICO-RAIMONDINO V., 1995. – Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *Posidonia oceanica*. Thèse Doctorat d'Ecologie, Université Aix-Marseille II. Fr. : 1-248.
- VELIMOROV B., 1984. – Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. 1: 381-387. In: International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds, BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., OLIVIER J., (éds.), GIS Posidonie publ., Fr.
- Dauby, P., Poulícek, M. 1995. Methods for removing epiphytes from seagrasses: SEM observations on treated leaves. *Aquatic Botany* 52, 217-228.
- Giraud, G. 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Bulletin du Museum d'Histoire Naturel de Marseille* 39, 33–39.
- Gobert S., Sartoretto S., Rico-Raimondino V., Andral B., Chery A., Lejeune P., 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.