

Dossier d'accompagnement - Formulaire CERFA n°11 633*02-

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 « matte » 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 matte (Boudouresque *et al.*, 2006). La matte sert d'ancrage à l'herbier mais joue également un rôle important dans la stabilisation des fonds.



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

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), ancrages, 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.

Le suivi écologique quadriennal du milieu marin au droit des stations d'épuration des eaux usées de la Métropole Aix-Marseille-Provence intègre dans ses objectifs un suivi de l'herbier de posidonie.

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 supérieure à proximité des rejets par les mesures de densité et de déchaussement des faisceaux ajoutées à une cartographie par télémétrie acoustique de la limite. Ces données descriptives et leurs évolutions dans le temps et l'espace complètent

l'estimation de la qualité écologique des masses d'eau à proximité des rejets en mer et aident à évaluer l'efficacité des mesures correctives mises en place afin d'atteindre ou maintenir un bon état.

Campagnes de suivi des herbiers 2023 - 2024

Les campagnes de suivi de l'herbier de posidonie qui seront menées en 2023 et 2024 par Andromède Océanologie répondent au marché lancé en 2022 par la Métropole Aix-Marseille-Provence intitulé : « Suivi écologique quadriennal des milieux marin et saumâtres au droit des rejets des stations d'épuration des eaux usées et systèmes d'assainissement de la Métropole Aix-Marseille-Provence ».

Le formulaire CERFA n°11 633*02 joint au dossier concerne les sites d'herbier du réseau de suivi des STEPs de la Métropole Aix-Marseille-Provence qui seront échantillonnés lors de deux campagnes en 2023 puis en 2024. Ces sites feront l'objet d'un arrachage manuel de faisceaux pour analyse de leur biométrie foliaire.

Localisation des sites

La caractérisation de l'état écologique de l'herbier de posidonie est réalisée **lors de deux campagnes**, à savoir :

- En 2023, l'acquisition des données et leur interprétation pour les suivis des STEPs de Niolon, Carry Le Rouet, Cassis et La Ciotat (4 sites) ;
- En 2024, l'acquisition des données et leur interprétation pour les suivis des STEPs de Cortiou et du Frioul (2 sites).

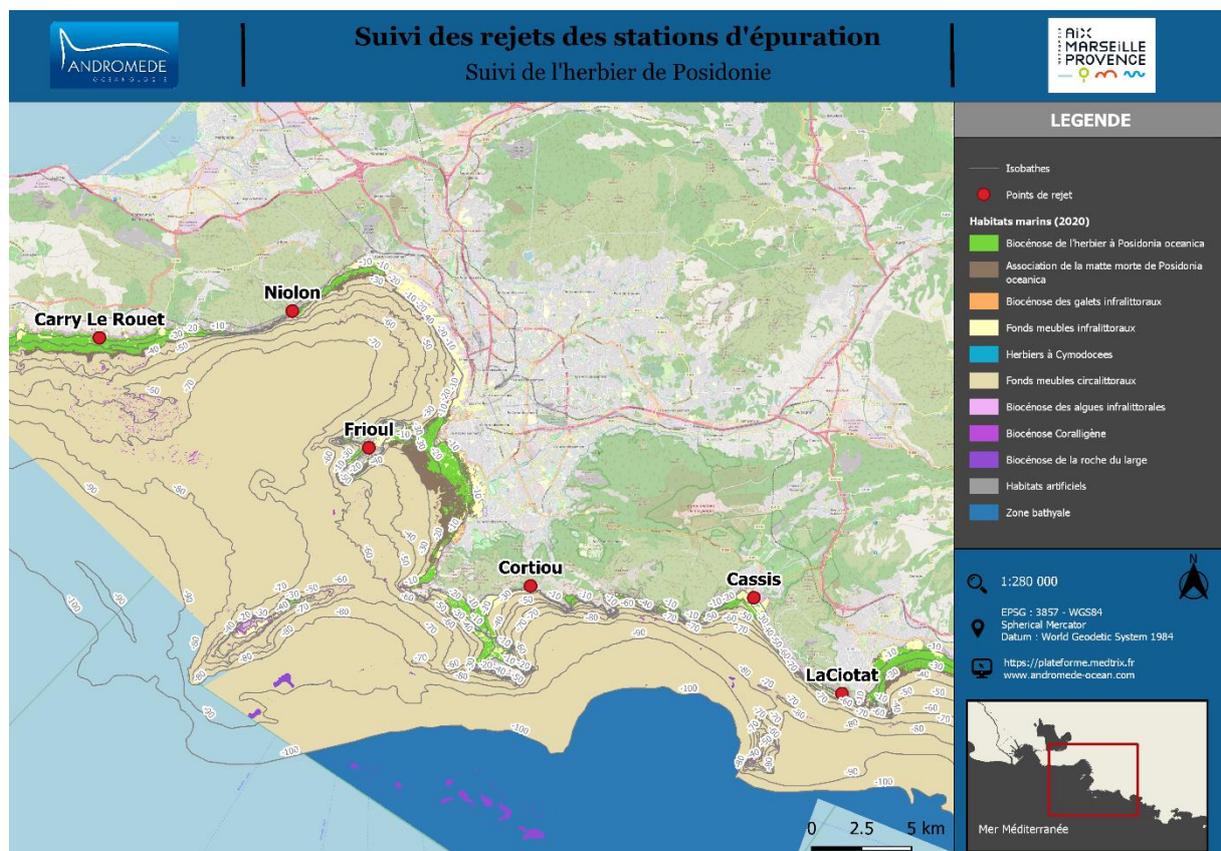


Figure 1 : Localisation des sites d'herbier de posidonie qui seront échantillonnés dans le cadre du marché lancé par Métropole Aix-Marseille-Provence en 2023 et 2024.

Au total sur les deux années de suivi, **six sites de surveillance de la posidonie** seront échantillonnés. La carte précédente illustre tous les sites concernés par le formulaire CERFA. Ces sites sont localisés au large des communes suivantes :

- Campagne 2023 : Niolon (site Niolon), Carry Le Rouet (site Carry), Cassis (site Cassis), La Ciotat (site La Ciotat) ;
- Campagne 2024 : Marseille (site Riou et site Frioul).

Matériel et méthodes

Les sites d'herbier sont suivis à l'aide de plusieurs types de mesures : une description générale du site, une cartographie de la limite supérieure de l'herbier à posidonie par télémétrie acoustique, et des mesures de vitalité de l'herbier. Aucune de ces méthodes n'est destructive. En complément, plusieurs paramètres sont relevés (surface foliaire, charge épiphytaire et lépidochronologie) **nécessitant un arrachage manuel des faisceaux de *Posidonia oceanica***.

a. Surface foliaire (cm²/faisceau)

Mesure de la surface foliaire (SF) sur 20 faisceaux orthotropes de posidonies 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.

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

b. 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.

c. Lépidochronologie

L'analyse lépidochronologique consiste en l'étude des cycles de vie des feuilles de *P. oceanica*. Une fois morte, la feuille se détache du rhizome à sa base ; ces feuilles s'accumulent ont des variables qui changent selon des cycles annuels, utiles pour l'étude des changements environnementaux.

Les faisceaux foliaires sont nettoyés et les écailles soigneusement détachées. Les écailles étant emboîtées les unes dans les autres, la dissection se fait des plus anciennes vers les plus récentes. Les écailles sont numérotées, en fonction de leur position sur le rhizome : l'écaille se trouvant juste en dessous de la première feuille vivante porte le rang N°1. Le rang des écailles augmente donc en s'éloignant du point végétatif (des plus récentes vers les plus anciennes). La position des maxima et minima d'épaisseur est notée. Lorsque l'épaisseur de l'écaille est minimale, le rhizome est coupé au niveau de l'insertion de cette écaille. On obtient ainsi une série de tronçons de rhizome, délimités par

deux minima d'épaisseur. Les tronçons de rhizomes sont placés dans une étuve à 70°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (généralement 72 heures). Les pédoncules floraux (lorsqu'il y en a) occupent la place d'une écaille, leur rang est donc noté.

Au total, **20 faisceaux orthotropes seront arrachés manuellement en plongée sous-marine sur chacun des 6 sites durant les campagnes de 2023 et 2024 soit un total de 120 faisceaux.** Ces faisceaux ne seront pas réimplantés mais analysés en laboratoire à Andromède Océanologie à Mauguio (34130). Les plongeurs biologistes sont tous dotés d'un master en environnement et salariés d'Andromède Océanologie.

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^e 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., BUJAC 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., MIMAUULT 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., Poulicek, 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.
- Govert 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.