

V4 – 07/10

PHANEROGAMES Herbiers à *Posidonia oceanica*

Objectifs

Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile est une espèce **endémique de la Méditerranée** [1]. Comme les autres phanérogames marines, elle forme des prairies sous-marines (**herbiers**). Ses racines, en se développant dans le sédiment, forment, avec les rhizomes, la **matte**. Les herbiers de posidonies se développent à la fois verticalement (rhizomes orthotropes), et latéralement (**rhizomes plagiotropes**), de la surface à 30-40 m de profondeur [1]. Les feuilles sont groupées en **faisceaux**, dont la densité peut être importante (plusieurs milliers de feuilles par m² [1]).

Posidonia oceanica, avec entre 2,5 et 5 millions d'hectares colonisés sur l'ensemble de la Méditerranée, joue un rôle écologique, sédimentaire et économique majeur [2] : ses feuilles fournissent une part importante de la **production primaire** du littoral [1]. Elles abritent **une faune et une flore extrêmement riches** et diversifiées, qui y trouvent un abri pour se nourrir, se reproduire, s'y cacher ou s'y fixer. Les rhizomes stabilisent le substrat et **piègent les particules sédimentaires**, protégeant ainsi le littoral contre l'érosion ([3], [1]). Cela justifie leur protection aussi bien au niveau national (livre rouge des espèces menacées, loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, loi "littoral"), qu'au niveau européen (Conventions de Berne et de Barcelone, Directive Habitat) [3]. Il sont identifiés sous le code A5.535 ("[Posidonia] beds") dans la version 2004 d'EUNIS [4].

Posidonia oceanica ne supporte pas la dessalure. Les changements des conditions hydrosédimentaires peuvent entraîner **l'ensevelissement des herbiers** ou au contraire leur **déchaussement** [1]. **L'eutrophisation** et l'augmentation de la **turbidité**, en diminuant la transparence de l'eau, font remonter la limite inférieure des herbiers. L'eutrophisation provoque également une colonisation des feuilles par les **épiphytes**, qui empêchent la photosynthèse et provoquent la chute des feuilles. Les pollutions chimiques, aménagements littoraux, mouillages et la pêche aux arts traînants font également régresser les herbiers [1].

Les herbiers de posidonies, par leur position sur le littoral qui les expose aux activités humaines, et par leur sensibilité aux perturbations qui en découlent, sont un **indicateur biologique global de la qualité du milieu marin** [1], d'où son intérêt pour le contrôle de surveillance. Une méthodologie d'étude des herbiers de posidonies a été développée depuis les années 80 dans le cadre du Réseau de Surveillance des posidonies [5]. Le protocole retenu pour la surveillance DCE se base sur l'expérience acquise dans le cadre de ce programme.



*Un herbier à *Posidonia oceanica* abrite une faune et une flore très diversifiée : une faune vagile, comme par exemple les poissons (à gauche), mais aussi des organismes fixés sur les faisceaux de feuilles (épiphytes : ci-dessus).*

Domaine géographique

Toutes les Masses d'Eau retenues pour le contrôle de surveillance et présentant des herbiers de posidonies doivent être suivies. Les herbiers de posidonies sont présents sur le littoral de la **région Provence-Alpes-Côte-d'Azur**, de la **Corse**, sur la **côte des Albères** (Pyrénées Occidentales), et ponctuellement en Languedoc-Roussillon (herbiers des Aresquiers [6]).

Principe de la surveillance

Les paramètres descriptifs des herbiers de posidonies sont nombreux, et certains font déjà l'objet de suivis standardisés [7], notamment dans le cadre du Réseau de Surveillance des posidonies [5]. Ils peuvent être regroupés en deux catégories :

- les paramètres **relatifs aux populations** de posidonies (densité de l'herbier, limite inférieure, structure, relation avec le sédiment)
- les paramètres **relatifs aux individus** (vitalité de la plante, stress, enrichissement du milieu).

Paramètres principaux		Profondeur de mesure		Fréquence
		-15m	Limite inférieure	
POPULATIONS	Type de structure	Observation sur l'ensemble de l'herbier		6 ans
	Profondeur de la limite inférieure		X	
	Type de limite inférieure		X	
	Densité	X	X	
	Taux de recouvrement	X	X	
	% de rhizomes plagiotropes	X	X	
	Déchaussement	X	X	
Compacité de la matte	X	X		
INDIVIDUS	Biométrie foliaire	X	X	3ans
	Teneur en azote des feuilles	X	X	
	Biomasse des épiphytes	X	X	
	Lépidochronologie	X	X	
Paramètre en support				
	Mouvements sédimentaires		X	6 ans

Stratégie spatiale

Toute **Masse d'Eau, retenue pour le contrôle de surveillance**, dans laquelle l'herbier de *Posidonia oceanica* est présent, doit être suivie. Les observations sont effectuées en plongée le long d'**au moins 1 transect fixe par Masse d'Eau** [7]. Le nombre de transects tiendra compte de l'hétérogénéité au sein de la Masse d'Eau (types d'herbiers en présence, pressions identifiées...). Deux niveaux font l'objet de mesures et de prélèvements : **15 m de profondeur et la limite inférieure de l'herbier** [8]. Les paramètres quantitatifs sont généralement mesurés dans des quadrats.

Suivi des populations

Paramètres mesurés et protocoles :

Paramètres	Protocoles (plongée le long de transects)
Type de structure	Le type de structure de l'herbier (herbier de plaine, de colline, tigré... [7], [9]), et les autres éléments morphostructuraux (intermatte, chenaux, tombants, matte morte) sont notés pour l'ensemble de l'herbier.
Profondeur de la limite inférieure	Balisage de la limite inférieure de l'herbier, puis suivi de la limite par rapport aux balises ([5], [7]).
Type de limite inférieure	Le type de limite inférieure de l'herbier (progressive, franche, érosive ou régressive (classification selon Meinesz & Laurent, 1978 [10])) est noté lors du suivi de chaque balisage [3].
Densité	Mesure du nombre de faisceaux vivants par m ² , dans un quadrat de 40x40cm à -15 m de profondeur, et de 40x40 cm ou 20 x 20 cm en limite inférieure (intercalibration indispensable pour le quadrat de 20 cm de côté), avec au moins 10 réplicats (l'objectif est d'arriver à une stabilisation de la moyenne / variable en fonction de la microstructure de l'herbier).

Paramètres	Protocoles (plongée le long de transects)
Taux de recouvrement	Mesure du pourcentage de couverture du substrat par les feuilles de posidonies, par rapport aux zones non couvertes. Le recouvrement peut être mesuré à la verticale, à 3 m du fond, avec une plaque transparente de 30 x 30 cm, divisée en 9 carreaux de 10 cm de côté [5], selon la méthode de Gravez <i>et al.</i> (1995) [11]. Le nombre de carreaux occupés par l'herbier est compté. Le nombre de mesures effectuées est d'au moins 15 mesures par niveau (15 à -15m et 15 à la limite inférieure). Cette méthode est discutable (subjectivité du plongeur et manque de reproductibilité) et devra être complétée par des photographies ou des vidéos (voir annexe).
% de rhizomes plagiotropes	La position majoritaire des rhizomes de posidonies est notée et la proportion (en %) est estimée à -15m de profondeur et à la limite inférieure de l'herbier [3], [7]. <i>Ci-contre : le faisceau d'un rhizome plagiotrope.</i>
Déchaussement de l'herbier	Distance qui sépare le sédiment des rhizomes (mesure selon le protocole de Boudouresque <i>et al.</i> 1980 [12]). Les mesures sont effectuées dans au moins 5 des quadrats utilisés pour l'estimation de la densité [3].
Compacité	Mesure de l'enfoncement d'une tige (2m de long, 8mm de diamètre) dans la matre, sous l'effet d'un poids de 5 kg lâché sur la barre, à 50cm d'une butée [13]. Le nombre de mesures effectuées est d'au moins 15 mesures par niveau (15 à -15m et 15 à la limite inférieure). Une autre méthodologie (meilleure reproductibilité) est en cours d'évaluation dans le cadre du programme INTERREG IIIB Posidonia. Le protocole employé devra tenir compte de l'évolution de ces travaux.



Fréquence / période

Le suivi doit être effectué **tous les 6 ans, entre mars et juillet** afin de disposer des conditions optimales de détection (croissance foliaire, luminosité, mer calme) [8]. Une période plus réduite (2 à 3 semaines) devra être fixée pour chaque site et conservée au cours du temps.

Traitement des données

Des grilles de lecture existent pour certains paramètres [3] :

Paramètre	Traitement des données
Densité	Deux grilles de lecture existent : l'échelle de Giraud (1977) [14] et celle de Pergent <i>et al.</i> (1995) [15]. La première est descriptive, la seconde fournit une indication sur la vitalité de l'herbier.
Taux de recouvrement	Une grille d'évaluation est proposée pour chacun de ces paramètres dans le guide méthodologique 2005 du RSP [3].
% de rhizomes plagiotropes	
Déchaussement de l'herbier	Echelle d'évaluation proposée [3] (<5 cm faible, 5-15 cm moyen, >15 cm fort, Charbonnel <i>et al.</i> , 2000 [5]).
Compacité de la matre	Une échelle a été proposée par Francour <i>et al.</i> (1999 [13]) (pénétration < 50cm = forte; 50cm < pénétration < 100 cm = moyenne ; pénétration > 100 cm = compacité faible).

Ces grilles de lecture sont en cours d'optimisation pour fournir les 5 classes de vitalité correspondant aux objectifs de la DCE. Il faudra tenir compte de l'avancée de ces travaux pour le traitement des données, et rester prudent quant à l'utilisation des anciennes grilles dont les objectifs sont différents.

Mesures sur les individus

Paramètres mesurés, protocole et traitement des échantillons :

Paramètres	Protocoles (plongée le long de transects)	Traitement des échantillons
Biométrie foliaire	Prélèvement d'au moins 15 faisceaux orthotropes par niveau [3], [14] (procédure détaillée dans le guide méthodologique 2000 du RSP [5])	Fixation et conservation dans de l'alcool dénaturé à 95° avant analyse [5]. Mesure pour chaque faisceau [7], [8] : du nombre et du type de feuille (adulte, intermédiaire, juvénile) de la largeur et de la longueur des feuilles du coefficient A (broutage)
Teneur en azote des posidonies	9 faisceaux orthotropes sont prélevés à chaque niveau [16]	Les faisceaux sont conservés au frais puis congelés au laboratoire en attendant l'analyse. Les feuilles sont décongelées, débarrassées de leurs épiphytes (grattage avec lame de rasoir), lyophilisées (72h) puis finement broyées. La concentration en azote (%) est mesurée sur des fractions d'au moins 4 ±1 mg p.s. à l'aide d'un analyseur CHN [16].
Biomasse des épiphytes	Les mesures sont effectuées sur les 15 faisceaux prélevés pour la biométrie foliaire [16].	Les feuilles des faisceaux sont grattées avec une lame de rasoir. Le poids sec des épiphytes ainsi récupérés est mesuré après lyophilisation pendant 72 heures [16].
Lépidochronologie	Les mesures peuvent être effectuées sur les rhizomes des 15 faisceaux prélevés pour la biométrie foliaire.	Méthodologie Pergent & Pergent-Martini, 1990 [17].

Les protocoles d'étude des réserves de la plante, ainsi que des biomarqueurs, seront définis dans le cadre du contrôle opérationnel.

Fréquence / période

Le suivi doit être effectué **tous les 3 ans, entre mars et juillet** [7] afin de disposer des conditions optimales de détection (croissance foliaire, luminosité, mer calme) [8]. Une période plus réduite (2 à 3 semaines) devra être fixée pour chaque site et conservée au cours du temps.

Traitement des données

Paramètres	Traitement des données
Biométrie foliaire	Mesure de plusieurs descripteurs [7] : <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de feuilles par faisceau • Longueur des feuilles adultes • Surface foliaire par faisceau • Leaf Area Index (LAI = indice foliaire) • Coefficient A (pourcentage de feuilles qui ont perdu leur apex)
Biomasse des épiphytes	Le poids sec des épiphytes est ramené à la surface foliaire, constituant l'indice d'épiphytisme [16].
Lépidochronologie	Une grille de lecture adaptée aux objectifs de la DCE est en cours d'élaboration.

L'Indice Global posidonies, tenant compte de tous les paramètres mesurés (populations et individus), devra être établi.

Etat de référence

- Herbiers de Revellata (Calvi, Corse) : à discuter pour le site (il doit se situer hors de la baie, l'herbier situé dans la baie étant trop impacté pour constituer un herbier de référence).
- Herbiers de l'Esterel (Provence-Alpes-Côte-d'Azur)
- Herbiers de la côte des Albères : herbier des îles du Soleil

Références bibliographiques

- [1] Bellan-Santini, D, J-C. Lacaze et C. Pozat, 1994 (Eds). Les Biocénoses marines et littorales de Méditerranée, Synthèse, Menaces et Perspectives. Collection Patrimoines naturels, Vol.19, Série Patrimoine Ecologiques. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 246 pp.
- [2] 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., Charbonne 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., Piazzi L., Pirrotta 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. *Ecological Indicators*, **5** : 213-230.
- [3] Cartographie des biocénoses marines. Volet n°1 : l'herbier à *Posidonia oceanica* – Guide méthodologique. Ifremer – Toulon – La Seyne sur Mer, Centre Océanologique de Marseilles, GIS Posidonie. Février 2003. 93pp.
- [4] European Nature Information System (EUNIS), Version 2004 : <http://eunis.finsiel.ro/eunis/index.jsp>
- [5] 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 Posidonies de la Région Alpes Provence Côte d'Azur, première partie : présentation et guide méthodologique, Région PACA/Agence de l'Eau RMC/GIS-Posidonie/CQEL 13/CQEL 83/Conseil général 06, GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-76.
- [6] AVRIL A., DUTRIEUX E., NICOLAS F., VAXELAIRE A., 1984. Etude des fonds marins des Aresquiers (Languedoc) : état des herbiers de Posidonies. International Workshop *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. edit., GIS Posidonie publ., 1 : 173-177.
- [7] Boudouresque C.-F., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Tunesi L., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Le Diréac'h L., Locht C., Relini G., Rico-Raimondino V., Robert P., Ruitton S., Van Klaveren M.-C., et Platini F. La gestion des herbiers de Posidonies en Méditerranée Nord-Occidentale. Projet d'ouvrage RAMOGE – à paraître.
- [8] Compte-rendu des réunions des experts benthologues au niveau national, en vue de la définition de la surveillance écologique dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau pour les eaux côtières. 7-8 février 2005, Paris.
- [9] Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., Meinesz A., 1985a. Un nouveau type d'herbier à *Posidonia oceanica* : l'herbier de colline. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, **29** (5) : 173-175.
- [10] Meinesz A., Laurent R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France) – Campagne Poséidon 1976. *Botanica marina*, **21** (8) : 513-526.
- [11] Gravez V., Gelin A., Charbonnel E., Francour P., Abellard O. et Remonnay L., 1995. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille) – Suivi 1995. Ville de Marseille et GIS Posidonies publ., Marseille, Fr. : 56pp.
- [12] Boudouresque C.-F., Giraud G. et Panayotidis P., 1980. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). XIX. Mise en place d'un transect permanent. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, **6** : 207-222.
- [13] Francour P., Ganteaume A. & Poulain M., 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). *Aquatic Conserv. : Mar. Freshw. Ecosyst.* **9** : 391-400.
- [14] Giraud G., 1977. Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile en Méditerranée. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, **24** (4) : 126-130.
- [15] Pergent G., Pergent-Martini C. et Boudouresque C.-F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : état des connaissances. *Mésogée*, Fr., **54** : 3-27.
- [16] Leoni V., 2005. Utilisation de *Posidonia Oceanica* (L.) Delile dans le cadre de la surveillance du littoral : Bilan des descripteurs. Réponses face à un enrichissement en nutriments (Net P). *Thèse de doctorat, Université Pasquale Paoli, Corse*, 125pp.
- [17] Pergent G. & Pergent-Martini C., 1990. Somme applications of lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Bot. Mar.*, **33** : 299-310.

ANNEXE : Discussion sur la méthode d'évaluation du recouvrement de l'herbier

Le recouvrement correspond au pourcentage de couverture du substrat par les feuilles de *Posidonia oceanica*, par rapport aux zones non couvertes (sable, matre morte, roche). Le recouvrement varie en fonction de la profondeur et de la saison (du fait de la longueur des feuilles) mais également de l'hydrodynamisme, de l'état de santé de l'herbier ou suite à des phénomènes d'hyper-sédimentation. Le recouvrement est maximal en été, à faible profondeur et un herbier continu, présentant une vitalité élevée, peut atteindre un recouvrement de 100 %. Au niveau de la limite inférieure, le recouvrement est généralement compris entre 5 % et 40 %. Il n'existe pas de méthode standardisée pour mesurer ce paramètre, bien que plusieurs méthodes aient été proposées (Cristiani, 1980 ; Romero-Martinengo, 1985 ; Gravez et al., 1995, Francour et al., 1999). La méthode la plus employée repose sur une évaluation directe du recouvrement en plongée, en utilisant un pas de progression de 5 à 10 %, d'une surface donnée.

Toutefois la part de subjectivité du plongeur est très importante et la reproductibilité de la mesure aléatoire. Aussi cette étude d'évaluation directe en plongée doit être complétée par la prise en compte des prises de vues verticales. L'estimation du recouvrement est alors effectuée, sur une surface d'un mètre carré, en arrière de chaque balise, soit par tranche de 10% (0-10%, 10-20%, 20-30%,....) (Figure 1), soit à partir d'un quadrillage par comptage (Figure 2).

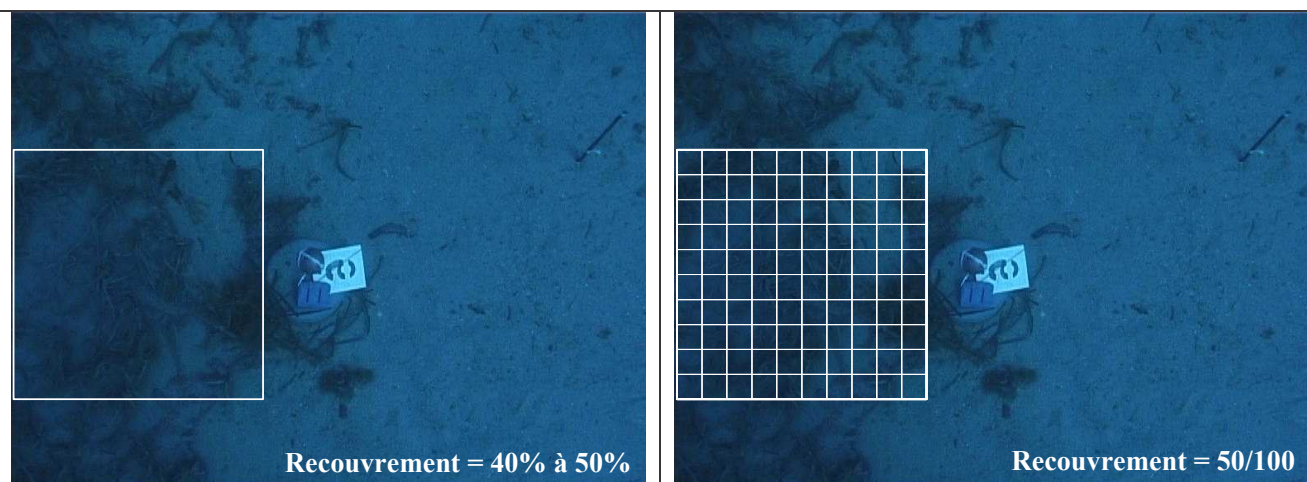


Figure 1 : Estimation du recouvrement en arrière de la balise 6 (Porto Polo) – Estimation par tranche.

Figure 2 : Estimation du recouvrement en arrière de la balise 6 (Porto Polo) – Estimation par quadrillage

Attention la surface sur laquelle le recouvrement est mesuré doit être fixée car elle influence fortement le résultat (CF figure ci-dessous).

