

## Programme MedPosidonia

## **Action Surveillance**



# Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies

Mémorandum d'accord n°21/2007/RAC/SPA\_ MedPosidonia



Gérard Pergent





## Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies

#### Etude commandée par :

Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) Boulevard du Leader Yasser Arafat, BP 337, 1080 Tunis Cedex - Tunisie Monsieur Abderrahmen Gannoun, Directeur.

#### Dossier suivi par:

Mlle Souha El Asmi

#### Avec la contribution financière de :

Fondation d'Entreprise Total pour la Biodiversité et la Mer Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées

#### Référence de l'étude :

Mémorandum d'accord n°21/CAR/ASP/2007

#### Expert en charge du rapport :

Gérard Pergent, Professeur Université de Corse, Expert - Groupement Nautilus-Okianos

#### Crédit photographique :

Gérard Pergent

Ce rapport doit être cité sous la forme :

Pergent G., 2007. Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies. Programme « MedPosidonia » / CAR/ASP - Fondation d'entreprise TOTAL pour la Biodiversité et la Mer ; Mémorandum d'Accord N°21/2007/RAC/SPA/ MedPosidonia Nautilus-Okianos: 21p.

## Sommaire

Sommaire	3
Contexte et objectifs	4
Matériel nécessaire	6
Matériel pour la mise en place du balisage	6
Matériel pour les mesures scientifiques	6
Mise en place d'un balisage en limite inférieure	8
• Etape 1 : Repérage de la limite inférieure à baliser	8
• Etape 2 : Descente et positionnement des balises	9
• Etape 3 : Fixation des balises et des piquets-photos	9
• Etape 4 : Prélèvements et mesures scientifiques	10
• Etape 5 : Prise de vues	10
Observations & mesures scientifiques	11
Mesures scientifiques in situ	11
Profondeur des balises	11
Orientations	11
Recouvrement	11
Densité	11
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	12
Déchaussement	12
Nature du substrat	12
Type de limite	13
Mesures scientifiques en laboratoire	14
Analyse phénologique	14
Analyse lépidochronologique	15
Analyse granulométrique du sédiment	16
Teneur en matière organique du sédiment	16
Restitution et interprétation des résultats	17
Caractérisation de la limite inférieure	17
Vitalité de l'herbier	18
Références bibliographiques	22
Anneves	24

Le programme Med*Posidonia* est un programme initié par le CAR/ASP en partenariat avec la Fondation d'entreprise Total pour la Biodiversité et la Mer. L'objectif est d'obtenir des informations complémentaires sur la présence et l'évolution des herbiers de Posidonies (*Posidonia oceanica*) dans quatre pays de Méditerranée (Algérie, Tunisie, Libye et Turquie) pour les aider à élaborer et/ou ajuster leurs programmes de conservation et d'utilisation durable de la biodiversité.

Dans le cadre de ce programme des activités de surveillance des herbiers de Posidonies sont clairement identifiée en Algérie, Tunisie et Turquie. La stratégie retenue s'appuie sur l'expérience du Réseau de Surveillance Posidonies (RSP), initié le long du littoral Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA ; France), en 1984, et régulièrement optimisé depuis (Boudouresque et al., 2000 ; Pergent et al., 2007). La surveillance des herbiers de phanérogames marines s'est développée depuis quelques années (i) en région Euro Méditerranéenne (Espagne, Italie et Grèce) à l'incitation de l'initiative européenne COST 647 (Boudouresque et al., 1990), (ii) dans le bassin méditerranéen grâce aux initiatives du Centre d'Activité Régionale pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) en particulier depuis 1999 avec l'adoption du Plan d'Action pour la Conservation de la Végétation Marine en Mer Méditerranée (UNEP-MAP-RAC/SPA, 1999; Pergent et al., 2006) et (iii) au plan mondial avec la mise en place du SeagrassNet (Short et al., 2002). La surveillance d'une zone précise et bien définie peut fournir des indications que l'on peut extrapoler à des secteurs géographiques beaucoup plus vastes et apporter des renseignements sur la qualité globale du milieu (Meinesz et al., 1981). Les sites choisis doivent i) être représentatifs de la portion de côte étudiée (nature du substrat), ii) couvrir l'éventail le plus complet possible des situations, et iii) regrouper des zones sensibles (rejets en mer, débouchés de rivières ou de vallons, zones fortement anthropisées ou à hydrodynamisme modifié par des restructurations du rivage, des dépôts de dragage ou des décharges à la mer) et des zones stables ou zones de référence (réserves ou parcs marins; zones peu anthropisées).

De manière générale, l'herbier de Posidonies s'établit de la surface jusqu'à 40 mètres de profondeur environ. La limite supérieure correspond à la portion d'herbier la plus proche de la côte, en terme de bathymétrie, alors que la limite inférieure correspond à l'extension bathymétrique maximale (Boudouresque *et al.*, 2006).

Les méthodes d'investigation adoptées ont été choisies pour répondre à la nécessité d'une surveillance à long terme de ces deux types de limites; ces limites constituent en effet des secteurs

particulièrement sensibles à toutes modifications du milieu. La surveillance de ces limites est réalisée de manière à disposer d'un repérage précis de leur position dans l'espace et dans le temps. Ces mesures sont complétées par l'analyse de descripteurs traduisant la vitalité de l'herbier.

La mise en place du Réseau de Surveillance « Med*Posidonia* » est programmée sur deux années (2006 – 2008). Ce premier manuel technique, élaboré le cadre de ce programme, a pour but de proposer un protocole standardisé pour la surveillance des herbiers de Posidonies permettant (i) d'optimiser la collecte des informations sur le terrain, et (ii) de faciliter la comparaison entre les différents sites inventoriés.

#### **♣** Matériel pour la mise en place du balisage

Moyens à la mer : Equipements de plongée, oxygènothérapie et embarcation

- 1 GPS (avec cartes marines intégrées de préférence)
- 11 balises d'un poids compris entre 15 et 25 kg ; la description de ces balises et la méthode de fabrication sont jointes à ce rap port (Fiche A et vidéo).
- 33 piquets en fer (type fer à béton) d'un diamètre de 12 à 16 mm ; ces piquets d'un mètre de long doivent être biseautés à une extrémité pour faciliter leur enfoncement dans le substrat.
- 11 flotteurs équipés d'une drisse (Ø 1 à 2 mm) de 0.8 à 1.0 m (qui seront fixés aux balises pour en faciliter le repérage.
- 11 plaques en PVC (ou équivalent) numérotées qui seront fixées à chaque balise avec un collier plastique (11 colliers)
- 11 piquets en fer (type fer à béton) d'un diamètre de 12 à 16 mm et d'une longueur de 1.5 m, biseautés à une extrémité, avec une marque à 50 cm de l'extrémité non biseautée.
- 1 corde (drisse Ø 4 à 8 mm) de 50 m de longueur avec un nœud (2 à 3 cm de diamètre) tous les 5 m (11 nœuds ; fil d'Ariane) et 11 petits piquets (type « sardine » pour le montage des tentes)
  - 2 à 3 masses d'un poids minimum de 2 kg pour l'enfoncement des piquets
- 2 parachutes permettant le transport des balises, un repère de surface (flotteur avec 45 m de drisse) et 2 bouées « grenades ».

#### **Matériel pour les mesures scientifiques**

- 1 appareil photo ou une vidéo numérique, avec le caisson étanche et un filtre orange ; un grand angle est aussi fortement recommandé.
  - 1 boussole sous-marine permettant de relever les orientations
  - 1 profondimètre électronique ou un ordinateur de plongée pour relever les profondeurs.
- 1 quadrat métallique (aluminium de préférence) de 60 ou 100 cm de coté et subdivisé en carrés de 20 cm de coté.
  - 1 ardoise sous-marine en PVC (20 x 30 cm)
- 1 sac pour les prélèvements de Posidonies (20 à 25 faisceaux) et une boite en plastique étanche pour le prélèvement de sédiments (300 à 500 g)
  - 1 règle graduée, un cutter pour les mesures phénologiques et lépidochronologiques.
- 1 étuve, un four à moufle (550°C minimum), des godets en porcelaine, une série de tamis (Ø 0.063, 0.125, 0.250, 0.500, 1.0, 2.0 mm) et une balance pour le sédiment.

#### Fiche A: Descriptif des balises

**Description** - Forme tronconique

- Diamètre : 20 à 25 cm - Hauteur : 14 à 16 cm

- Matériau : béton à prise marine (de préférence)

- Poids: 15 à 25 kg

**Fixation** - Chaque balise est percée de trois trous obliques permettant la fixation

- Ces trous obliques sont matérialisés par trois tubes plastiques de Ø 20 mm (type gaine électrique)

- Chaque balise est munie d'une poignée (de préférence en inox)

**Autres** - Trois piquets en fer (Ø 12 à 16 mm, L = 1.0 m), biseautés à une extrémité

- Un piquet en fer (Ø 12 à 16 mm, L = 1.5 m), biseautés à une extrémité

- Une plaque en PVC (15 x 20 cm) numérotée fixée par un collier plastique

- Un flotteur avec une drisse de 60 à 80 cm de hauteur

**Procédé de fabrication** voir le film vidéo distribué sous forme numérique (CD) avec le présent document.





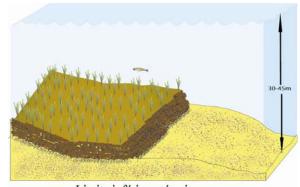


## Mise en place d'un balisage en limite inférieure

Compte tenu des règles de sécurité et de la règlementation en vigueur chaque équipe doit être composée d'au moins deux plongeurs; au-delà de 30 m de profondeur les plongeurs ne doivent effectuer qu'une plongée par jour. La mise en place d'un balisage nécessite plusieurs étapes successives. En fonction de la profondeur, plusieurs étapes pourront être réalisées par la même équipe ou au contraire une même étape devra être subdivisée et assurée par plusieurs équipes.

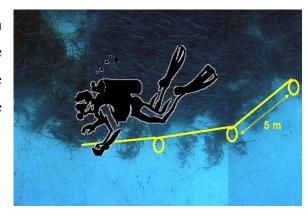
#### 🖊 Etape 1 : Repérage de la limite inférieure à baliser

Une équipe de scientifiques (2 plongeurs) descend pour rechercher une limite représentative du secteur; les limites totalement érosives sont à proscrire car elles n'apportent aucune information quant-à une modification de la turbidité de l'eau.



Limite inférieure érosive

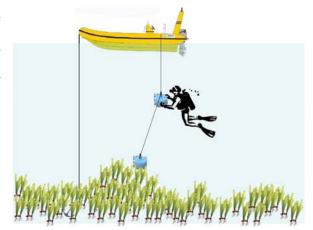
Une fois la limite identifiée, le fil d'Ariane de 50 m est déployé. Chaque boucle est fixée à l'aide d'une « sardine » au contact de l'herbier. La bouée grenade est placée au niveau de la partie centrale de cette limite (boucle N°6).



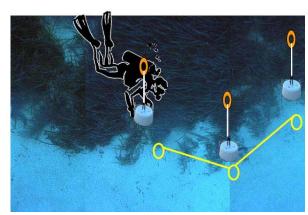
L'embarcation est ancrée de façon à être positionnée à la verticale de la bouée grenade. Un repère de surface peut être immergé sur le point (flotteur lesté). La position du site est recherchée par GPS et notée (en degrés, minutes, secondes, en WGS 84).

#### **Lape 2 : Descente et positionnement des balises**

Les balises équipées (avec flotteur et plaque numérotées) sont descendues à la verticale du bateau à l'aide d'une corde ou lâchées depuis la surface.

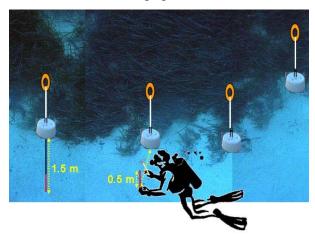


Une ou plusieurs équipes (2 à 3 plongeurs) positionnent les balises à la limite de l'herbier au niveau de chaque boucle, en prenant garde à dégager le fil d'Ariane et de ramasser les « sardines ». Le fil d'Ariane et les « sardines » seront ramenés à la surface une fois l'ensemble des 11 balises positionnées.



#### **Let Etape 3 : Fixation des balises et des piquets-photos**

Une ou plusieurs équipes (2 à 3 plongeurs) descendent les piquets de fixation des balises et les « piquets-photos ». Chaque balise est fixée au substrat à l'aide de 3 piquets.



Le « piquet-photo » est placé perpendiculairement à la limite de l'herbier à une distance de 1.50 m et enfoncé en



laissant dépasser 50 cm du sédiment.

#### **La Etape 4 : Prélèvements et mesures scientifiques**

Une équipe de scientifiques (2 à 3 plongeurs) intervient ensuite pour effectuer des relevés scientifiques<sup>1</sup>.

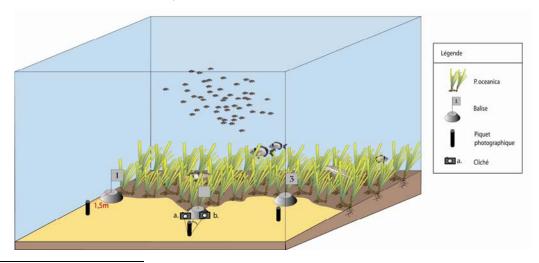
Au niveau de chaque balise plusieurs paramètres sont pris en considération :

- La profondeur de la balise
- Les orientations de balises à balises et de « piquets-photos » à balises.
- Le recouvrement de l'herbier
- La densité de l'herbier
- Le pourcentage de rhizomes plagiotropes
- Le déchaussement ou l'ensablement des rhizomes
- La nature du substrat
- Le type de limite

Un prélèvement de deux rhizomes orthotropes, à 2 m en arrière de chaque balise, et de sédiment, en avant de la balise 6, sur une épaisseur de 5 à 7 cm sont également effectués. A l'issue de la plongée les faisceaux sont conservés dans de l'alcool dénaturé (si aucune analyse chimique n'est envisagée) ou placés dans une glacière, puis congelés.

#### **Letape 5 : Prise de vues**

Après avoir attendu que tout le sédiment se soit redéposé (turbidité), une équipe réalise des prises de vues de la limite de l'herbier, en plaçant l'appareil en appui sur le piquet photo (2 photos par balise – une à droite et une à gauche), puis des prises de vues verticales au dessus de chaque balise (environ 2 m au dessus du substrat).



<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Le détail des paramètres scientifiques est donné au chapitre « observations & mesures scientifiques ».

Différents paramètres peuvent être mesurés

#### **Mesures scientifiques** *in situ*

#### Profondeur des balises

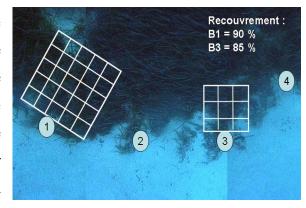
La profondeur est mesurée (précision 0.1 m), à l'aide d'un profondimètre électronique, au pied de chaque balise.

#### **Orientations**

Les orientations de balises à balises et de « piquets-photos » à balises sont mesurées à l'aide d'une boussole à visée latérale et exprimées en degrés, avec une précision de plus ou moins cinq degrés.

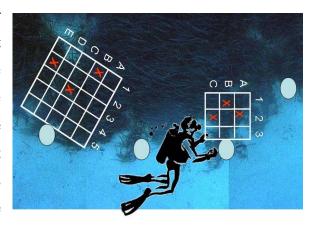
#### Recouvrement

Le recouvrement correspond au pourcentage occupé par l'herbier sur une surface donnée. La mesure peut être réalisée *in situ* en utilisant un quadrat de 1m² ou de 0.36 m². Il peut également être déterminé ultérieurement au laboratoire à partir de photographies, prises verticalement, à une hauteur fixe par rapport au substrat. La valeur est donnée à 10% près.



#### Densité

La densité représente le nombre de faisceaux par unité de surface (généralement par m²). Elle est déterminée par des comptages *in situ* à l'intérieur de quadrats de dimension donnée. Le quadrat est placé dans l'herbier, au contact de la balise de façon à ce que celle-ci soit au niveau du carré central droit (carré C5 ou B3). Les mesures sont effectuées dans 3 carrés, choisis au hasard, mais dont il convient de



noter la position pour le report ultérieur (ici B1, C3, E2 dans le quadrat de 1m² & A2, B1 et C2 pour le quadrat de 0.6 m²). Lorsque l'herbier est discontinu, les comptages sont réalisés à l'intérieur des taches d'herbier.

#### Pourcentage de rhizomes plagiotropes

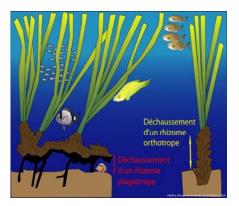
Les rhizomes plagiotropes sont caractérisés par une croissance selon un axe horizontal, parallèle au substrat. Le pourcentage de rhizomes plagiotropes informe sur la vitalité de l'herbier et sur sa capacité à coloniser de nouveaux espaces.



Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué au niveau de la limite de l'herbier, sur une bande de 1m de large de part et d'autre des balises, ou peut être mesurée, lors des mesures de densité, en dénombrant les rhizomes plagiotropes dans les carrés.

#### Déchaussement

Le déchaussement traduit le déficit sédimentaire qui entraîne une mise à nue des racines et des rhizomes et fragilise l'herbier. A l'inverse une augmentation des apports sédimentaires peut entraîner des phénomènes d'enfouissement de l'apex des rhizomes et éventuellement leur mortalité.



Pour les rhizomes plagiotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la partie inférieure des



rhizomes. Pour les rhizomes orthotropes, caractérisés par une croissance verticale, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la base du faisceau foliaire. Le déchaussement est mesuré au centimètre prés.

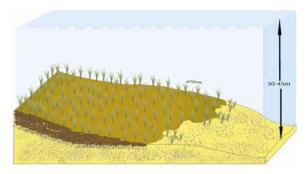
#### Nature du substrat

La nature du substrat (sable grossier, sable fin, sable vaseux, matte morte y compris sous-jacente, algues en épave) et la présence de ripple-marks, peut apporter des informations sur les conditions hydrodynamiques du site.

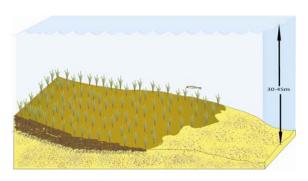
#### Type de limite

Le type de limite peut apporter des informations importantes quant à l'état de santé d'un herbier. Dans le cadre du réseau de surveillance, mis en place le long du littoral de la Corse, cinq types de limites ont été identifiés en dehors des limites érosives (Pergent *et al.*, 2004).

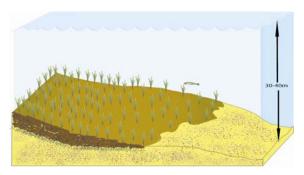
<u>La limite progressive</u>, qui est caractérisée par la présence de rhizomes plagiotropes en avant de la limite. Ceci indique une colonisation de l'herbier en direction de la profondeur.



Les limites franches qui peuvent être à fort ou à faible recouvrement



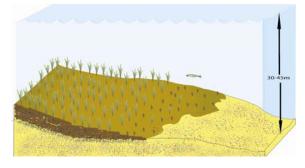
traduire un début de déséquilibre.



Il s'agit de limites nettes qui présentent soit un recouvrement supérieur à 25% (fort recouvrement), soit inférieur à 25% (faible recouvrement). Ces limites indiquent généralement un statut d'équilibre (limite nette) mais le faible recouvrement peut indiquer une détérioration de l'environnement et

<u>La limite clairsemée</u> est constituée par un semi herbier, dont la densité est inférieure à 100 faisc./m<sup>2</sup> et le recouvrement inférieur à 15%. Elle traduit en général un herbier en phase de démentellement.





<u>La limite régressive</u> est caractérisée par la présence de mattes mortes en avant de la limite, ce qui atteste d'un recul de l'herbier

#### **Mesures scientifiques en laboratoire**

Les données acquises in situ sont reportées au laboratoire dans les fiches standardisées.

Nom de la Station																																	
Coordonnées de la station																																	
Balise N°		B1	l		<b>B2</b>			В3			<b>B4</b>			B5			<b>B6</b>			<b>B7</b>			<b>B8</b>			В9	)		B1	10		B1	1
Profondeur																																	
Plan Balisage																																	
Balise		B1->	<b>B2</b>	B	2->F	В3	В	3->I	34	B4	4->B	35	B	5->B	36	В	6->l	B7	B	7->J	38	B	3->I	39	В9	->B	10	B1	10->	<b>B1</b> 1	1 B	11->	-B10
Orientations (en °)																																	
Piquet		P1->	B1	P	2->F	B2	P	3->I	33	P	4->B	4	P5	5->B	35	P	6->l	B6	P	7->I	37	P	3->F	88	P	9->	B9	P1	10->	<b>B</b> 10	) P	11->	B11
Orientations (en °)																																	
Balise N°		B1	L		B2			В3			B4			В5			В6			B7			B8			В9	)	Π	B1	10	Τ	B1	1
Balise N° Recouvrement (%)					B2						B4			В5			В6			В7			В8			В9	)				F		
Recouvrement (%)				1	<b>B2</b>	3	1		3	1		3	1	<b>B5</b>	3	1	<b>B6</b>	3	1	<b>B7</b>	3	1	<b>B8</b>	3	1	<b>B9</b>	3	1		10			1 3
	A			1			1		3	1		3	1		3	1			1		3	1		3	1			1					
Recouvrement (%)	A			1			1		3	1		3	1		3	1			1		3	1		3	1			1					
Recouvrement (%)  Densité (Nb Faisc)	A B C			1			1		3	1		3	1		3	1			1		3	1		3	1			1			1		
Recouvrement (%)  Densité (Nb Faisc)  Densité (m²)	A B C			1			1		3	1		3	1		3	1			1		3	1		3	1			1			]		
Recouvrement (%)  Densité (Nb Faisc)  Densité (m²)  Nombre de Rhiz. Plagio.	A B C			1			1		3	1		3	1		3	1			1		3	1		3	1			1					
Recouvrement (%)  Densité (Nb Faisc)  Densité (m²)  Nombre de Rhiz. Plagio.  % de Rhiz. Plagio	A B C			1			1		3	1		3	1		3	1			1		3	1		3	1			1					
Recouvrement (%)  Densité (Nb Faisc)  Densité (m²)  Nombre de Rhiz. Plagio.	A B C			1			1		3	1		3	1		3	1			1		3	1		3				1					
Recouvrement (%)  Densité (Nb Faisc)  Densité (m²)  Nombre de Rhiz. Plagio.  % de Rhiz. Plagio	A B C			1			1		3	1		3	1		3	1			1		3	1		3	1			1					

A partir des prélèvements effectués en plongée plusieurs analyses sont effectuées.

#### Analyse phénologique

L'analyse phénologique consiste à étudier les paramètres biomètriques de la plante. Du fait de la grande variabilité saisonnière de ces paramètres, et afin de pouvoir comparer les résultats entre sites, il convient d'effectuer les prélèvements à la même période de l'année.

Lors du tri, le faisceau foliaire est détaché du rhizome et décortiqué en respectant l'ordre distique

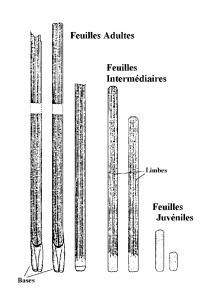
d'insertion des feuilles. Les feuilles sont séparées selon le protocole de Giraud (1977*a*; 1979) puis dénombrées. En fonction de leur âge, on distingue :

🖔 Les feuilles adultes, qui sont pourvues d'une base ou pétiole

Les feuilles intermédiaires, qui sont dépourvues de pétiole ou dont le pétiole est inférieur à 2 mm.

Les feuilles juvéniles, qui sont dépourvues de pétioles et dont la longueur n'excède pas 50 mm.

Pour chaque type de feuilles on mesure la longueur totale et la largeur, et lorsqu'il existe (feuille adulte), la longueur du pétiole.



On enregistre également le nombre de feuilles de chaque type par faisceaux et si elles sont entières ou cassées. L'état des apex apporte des renseignements, pour un site donné, sur le taux de consommation par les herbivores (Velimirov, 1984; Zupo & Fresi, 1985; Verlaque, 1987) ou sur

l'hydrodynamisme du site (Mazzella *et al.*, 1981; Wittmann *et al.*, 1981). Le « Coefficient A » traduit le pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex (feuilles cassées ou broutées selon Giraud, 1977*b*). Les paramètres biomètriques permettent de déterminer l'indice foliaire ou surface foliaire par faisceau (SF). Le Leaf Area Index (LAI) correspond à la surface des feuilles par m² (Drew, 1971; Drew & Jupp, 1976). L'ensemble des données est reporté dans les tableaux standardisés.

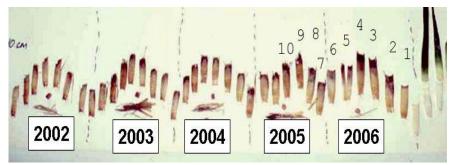
#### Analyse lépidochronologique

Chez les posidonies lorsque les feuilles meurent, seul le limbe se détache, la base foliaire ou pétiole reste fixée sur le rhizome (écaille). L'épaisseur de ces écailles varie en fonction de leur rang d'insertion sur le rhizome (Crouzet, 1981). Ces cycles ont une périodicité annuelle avec un maximum et un minimum d'épaisseur par an, les écailles "fines" apparaissant à la fin de l'hiver ou au début du printemps, les écailles "épaisses" en automne. La lépidochronologie est l'étude de ces variations cycliques. Elle donne la possibilité de dater les écailles et les segments de rhizomes, et d'identifier des années précises. Ainsi elle permet :

- (i) d'évaluer la vitesse de croissance et la production annuelle de rhizome.
- (ii) de modéliser le rythme de renouvellement des feuilles et d'évaluer la production primaire (présente et passée).
- (iii) d'identifier et de dater des floraisons anciennes.
- (iv) de suivre l'évolution temporelle d'une contamination (métaux traces, radioéléments)

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.



#### Analyse granulométrique du sédiment

Une analyse granulométrique est réalisée sur l'échantillon de sédiment prélevé en avant de la balise. L'analyse est réalisée mécaniquement sur des tamis de maille 0.063, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 et 5 mm. Chaque refus de tamis est pesé et exprimé en % par rapport au poids total du sédiment étudié. Les courbes de fréquences et de fréquences cumulées sont construites avec en abscisse logarithmique, la dimension des mailles et en ordonnée, les fréquences. La forme de la courbe de fréquence indique le degré de classement du sédiment prélevé. La courbe cumulative permet de mesurer graphiquement la dimension des particules correspondant à un pourcentage donné et ainsi, de calculer la taille moyenne (TM), exprimée en mm, qui donne une idée de l'éventail granulométrique propre à l'échantillon et le degré de classement du sédiment (So), qui permet d'apprécier la pente des courbes cumulatives et exprime l'importance des actions hydrodynamiques;

#### Teneur en matière organique du sédiment

La teneur en matière organique (exprimée en pourcentage) est déterminé par pesée de l'échantillon (refus de tamis 0.063mm) avant et après calcination (500°C, 4 heures minimum), lorsque le poids de cette fraction est au moins égal à un gramme.

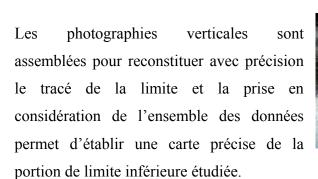
## Restitution et interprétation des résultats

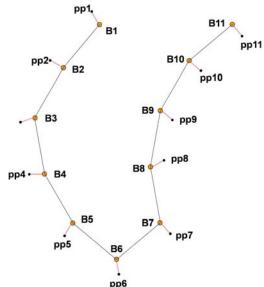
#### **La Caractérisation de la limite inférieure**

Les orientations (balise à balise et « piquet-photo » à balise) sont reportées pour établir un plan du balisage.

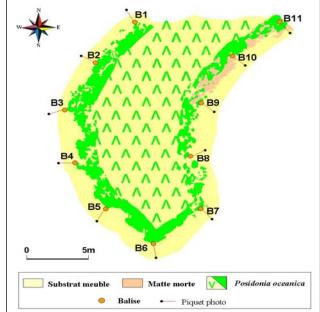
Balise	1⇒2	2⇒3	3⇒4	4⇒5	5⇔6
Angle (°)	220	210	170	150	130
Balise	6⇒7	7⇒8	8⇒9	9⇒10	10⇒11
Angle (°)	50	350	10	30	50

Piquet balise	P1⇔B1	P2⇒B2	P3⇔B3
Angle (°)	240	210	160
Piquet balise	P4⇒B4	P5⇔B5	P6⇒B6
Angle (°)	180	120	80
Piquet balise	P7 <b>⇒</b> B7	P8⇔B8	P9 <b>⇒</b> B9
Angle (°)	50	330	40
Piquet balise	P10⇒B10	P11 <b>⇒</b> B11	
Angle (°)	40	50	





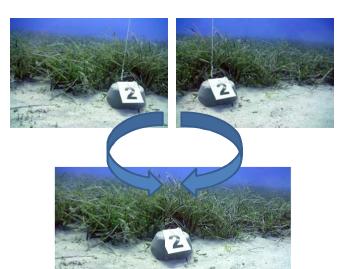




Les prises de vues horizontales, réalisées à partir des piquets photos sont également assemblées pour constituer une vue panoramique qui servira d'état de référence pour visualiser les modifications ultérieures éventuelles de la limite.

A partir du type de limite observé en arrière de chaque balise une évaluation moyenne de la limite est réalisée.

Type de limite	Interprétation
Progressive (Pr)	Très bonne
Franche – Fort recouvrement (F+)	Bonne
Franche – Faible recouvrement (F-)	Normale
Clairsemée (Cl)	Médiocre
Régressive (Re)	Mauvaise



#### **♣** Vitalité de l'herbier

Les paramètres mesurés in situ sont reportés. La densité de l'herbier est mesurée en arrière de chaque balise. Trois réplicats (20 x 20 cm) parfaitement localisés dans le quadrat sont nécessaires (Fig. 1). A l'intérieur de chaque quadrat le pourcentage de rhizomes plagiotropes et le déchaussement des rhizomes sont estimés ; le recouvrement est évalué sur une surface d'un mètre carré, en arrière de chaque balise, à partir des prises de vues verticales (Fig. 1).



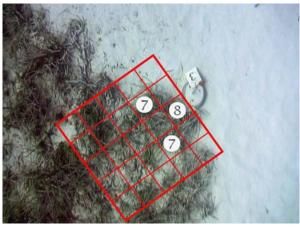


Fig. 1: Evaluation de la densité de l'herbier (avec localisation des mesures) en plongée. En arrière de la balise n°3 le quadrat est schématisé en rouge.

Tab. 1 : Paramètres caractéristiques de l'herbier au niveau du balisage des îles Kerkennah (dm = donnée manquante).

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Recouvrement (%)	40	80	50	20	80	90	30	10	40	60	70
Densité (faisc.m <sup>-2</sup> )	175	183	183	250	350	200	183	150	167	225	192
Rhiz. Plagiotrope (%)	33	27	91	67	38	50	73	56	70	67	61
Déchaussement (cm)	dm	Dm	dm	-2	1	-2	2	0	2	-1	dm

Les faisceaux récoltés au niveau de la limite inférieure font l'objet d'études phénologique (Annexe A) et lépidochronologique (Annexe B). Les faisceaux foliaires et les rhizomes peuvent être conservés dans de l'alcool dénaturé avant d'être triés.

Tab. 2: Paramètres phénologiques des Posidonies, en arrière de la limite inférieure des îles Kerkennah, (moyenne ± intervalle de confiance 95%).

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad+Int)
Nb moyen feuilles.faisc. <sup>-1</sup>	$4.2 \pm 0.4$	$1.1 \pm 0.1$	$5.5 \pm 0.3$
Longueur moyenne (mm)	404.1 ± 46.1	$178.0 \pm 31.9$	$291.1 \pm 63.6$
Largeur moyenne (mm)	$9.1 \pm 0.7$	$9.1 \pm 0.4$	9.1 ±0.4
Coefficient A (%.faisc. <sup>-1</sup> )	$59.4 \pm 10.5$	0.0	$45.9 \pm 7.4$
Indice Foliaire (cm <sup>2</sup> .faisc. <sup>-1</sup> )	$152.7 \pm 24.0$	$18.2 \pm 4.5$	$170.9 \pm 25.3$
L.A.I. (m <sup>2</sup> .m <sup>-2</sup> )	$3.4 \pm 0.6$	$0.3 \pm 0.1$	$3.8 \pm 0.7$

Tab. 3 : Nombre d'écailles par cycle et vitesse de croissance des rhizomes, en arrière de la limite inférieure des îles Kerkennah; N : nombre de réplicats, (moyenne ± intervalle de confiance 95%).

Année lépidochronologique	N	Nombre d'écailles	Croissance des rhizomes (mm)
2006	10	$7.7 \pm 1.1$	$6.7 \pm 3.1$
2005	10	$7.5 \pm 1.6$	$7.5 \pm 3.8$
2004	10	$7.4 \pm 1.3$	$6.2 \pm 2.2$
2003	9	$7.1 \pm 0.6$	$6.1 \pm 2.7$
2002	8	$8.0 \pm 1.1$	$8.0 \pm 2.2$
2001	8	$7.3 \pm 0.9$	$7.3 \pm 2.5$
2000	6	$8.7 \pm 1.0$	$6.2 \pm 1.0$

Les mesures de vitalité sont interprétées à l'aide de grilles standardisées, selon cinq niveaux de

qualité, définies dans le cadre du programme INTERREG Posidonia.

Une interprétation des différents paramètres est fournie (Annexe C).

La présence d'espèces d'intérêt patrimonial (e.g. la magnoliophyte Cymodocea nodosa) et

d'espèces invasives (e.g. la chlorophyte Caulerpa racemosa) est soigneusement reportée.

Les balisages s'avèrent à même de déceler et de suivre toute modification, même de faible ampleur

(Meinesz et al., 1981). Toutefois, leur efficacité est largement conditionnée par la visite régulière

des structures mises en place. Au cours de ces visites, (i) les flotteurs et les plaques numérotées sont

remplacés, (ii) la position des balises est contrôlée, afin de vérifier qu'elles n'ont pas été déplacées

accidentellement (ancrages ou chalutages) et, le cas échéant, de les repositionner avec précision et

(iii) de nouvelles photographies sont réalisées et comparées aux prises de vues initiales.

Afin de caractériser le type de sédiment rencontré, en fonction de sa taille, sept classes sont

retenues:

♦ Inférieur à 0.063 mm : Silts et argiles

♦ De 0.063 à 0.125 mm : Sables très fins

♦ De 0.125 à 0.250 mm : Sables fins

♦ De 0.250 à 0.500 mm : Sables moyens

♦ De 0.500 à 1.0 mm : Sables grossiers

♦ De 1.0 à 2.0 mm : Sables très grossiers

⇔ De 2.0 à 20.0 mm : Graviers.

20

Tab. 4: Principaux indices granulométriques.

## Classement de Trask

1.00 < So < 1.17	Trés bien classé
1.17 < So < 1.20	Bien classé
1.20 < So < 1.35	Moyennement bien classé
1.35 < So < 1.87	Moyennement classé
1.87 < So < 2.75	Mal classé
So > 2.75	Très mal classé

## Asymétrie de Trask

SK = 1	Symétrie parfaite
SK < 1	Classement maximum
	du côté des matériaux grossiers
SK > 1	Classement maximum
	du côté des particules fines

## Angulosité de Folk

KG < 0.67	Très platykurtique
0.67 < KG < 0.90	Platykurtique
0.90< KG < 1.11	Mésokurtique
1.11 < KG < 1.50	Leptokurtique
1.50 < KG < 3	Très leptokurtique
KG > 3	Extrêmement leptokurtique

## Triage de Folk

$\sigma 1 < 0.35$	Très bien trié
$0.35 < \sigma 1 < 0.50$	Très trié
$0.50 < \sigma 1 < 1$	Moyennement trié
$1 < \sigma 1 < 2$	Peu trié
$2 < \sigma 1 < 4$	Très peu trié
4 < σ1	Pas trié

## Références bibliographiques

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 202p

Boudouresque C.F., Charbonel E., Meinesz A., Pergent G. Pergent-Martini C. Cadiou G., Bertrandy M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V., 2000. A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the north-western Mediterranean Sea. *Biol. Mar. Medit.*, 7(2): 328-331

Boudouresque C.F., Pergent G., Francour P., Harmelin-Vivien M., Jangoux M., Mazzella L., Panayotidis P., Pergent-Martini C., Ramos-Esplas R., Romero J., Scipione M.B., 1990. Le COST 647: Posidonia project. *Posidonia Newsletter*, 3(2): 27-34.

Drew E.A., 1971. Botany. Underwater Science. An introduction to experiments by divers. Woods et Lithgoe édit., London, 59 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.

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

Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile. Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, 39 : 33-39.

Meinesz A., Astier J.M., Lefevre J.R., 1981. Impact de l'amènagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral du Var, France (Méditerranée occidentale). *Ann. Inst. océanogr.*, N.S., 57 (2): 65-77.

Pergent G., Ouerghi A., Pasqualini V., Pergent-Martini C., Skoufas G., Sourbes L., Tsirika A., 2006. Caractérisations des herbiers à *Posidonia oceanica* dans le Parc Marin National de Zakynthos (Grèce). PNUE - PAM - CAR/ASP, Actes du deuxième symposium méditerranéen sur la végétation marine (Athènes, 12-13 Décembre 2003). CAR/ASP édit., Tunis : 199-204

Pergent G., Pergent-Martini C., Casalta B., Lopez Y Royo C., Mimault B., Salivas-Decaux M., Short F. 2007. Comparison of three seagrass monitoring systems: SeagrassNet, "Posidonia" programme and RSP. Proceedings of the third Mediterranean symposium on marine vegetation (Marseilles, 27-29 March 2007). C.

Pergent-Martini, S. El Asmi, C. Le Ravallec edits., RAC/SPA publ., Tunis: 141-150.

Short F.T., McKenzie L.J., Coles R.G., Vidler K.P., 2002. SeagrassNet Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat. (QDPI, QFS, Cairns). 56pp.

UNEP-MAP-RAC/SPA, 1999. Action Plan for the conservation of marine vegetation in the Mediterranean sea. RAC/SPA edit, Tunis: 47p.

## Annexes

Annexe A: Analyse phénologique

1 - Principe

Les critères phénologiques peuvent apparaître comme de bons indicateurs de la vitalité de

Posidonia oceanica et, par là même, de la qualité moyenne du milieu où elle se développe. La prise

en compte de ces paramètres est facilitée par l'existence de méthodes d'études standardisées

reconnues, et couramment utilisées par l'ensemble des chercheurs méditerranéens.

2 - Application pratique

Le faisceau foliaire est détaché du rhizome et décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion

des feuilles. Les feuilles sont séparées en fonction de leur âge, on distingue :

(i) Les feuilles adultes, qui sont pourvues d'une base ou pétiole

(ii) Les feuilles intermédiaires, qui sont dépourvues de pétiole ou dont le pétiole est inférieur à

2 mm

(iii) Les feuilles juvéniles, qui sont dépourvues de pétioles et dont la longueur n'excède pas

50 mm.

Chaque type de feuille est ensuite numéroté en fonction de sa position dans le faisceau (Figure 1).

Ainsi la feuille la plus externe, qui correspond à la feuille adulte la plus âgée est notée comme étant

l'adulte de rang 1 (Ad1), la feuille suivante portant le rang 2 et ainsi de suite. En cas de distinction

de la base et du limbe, la base de la feuille adulte de rang 1 sera notée B1, l'appellation Ad1

caractérisant alors uniquement le limbe.

Les paramètres biométriques (longueur totale, longueur du pétiole, largeur) de chaque feuille sont

mesurés. Ces différents éléments permettent de déterminer le Leaf Area Index (LAI) par faisceau ou

surface foliaire par faisceau (S.F.). Il est également possible de calculer le « Coefficient A » qui

traduit le pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex (feuilles cassées ou broutées).

25

#### 3 - Résultats

- (i) Regrouper les données obtenues sur 15 faisceaux au moins pour intégrer la variabilité liée à la plante.
- (ii) Calculer les paramètres biométriques moyens pour chaque catégorie de feuilles : nombre de feuilles, longueur totale, longueur des pétioles, largeur.
- (iii) Calculer les indices phénologiques moyens pour les feuilles adultes, intermédiaires et globales (adultes + intermédiaires) : Leaf Area Index et Coefficient « A ».

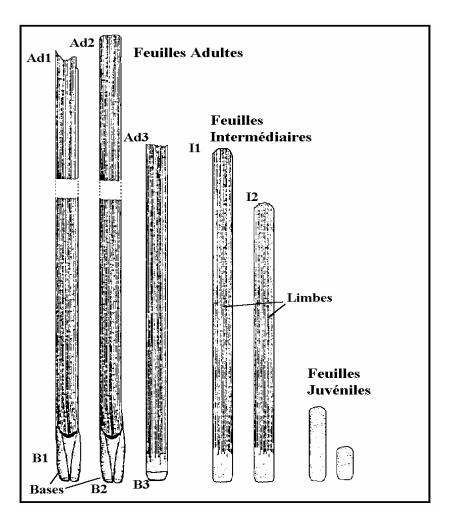


Figure 1 : Dissection d'un faisceau de *Posidonia oceanica* pour l'étude phénologique (échelle 1/2). La classification de chaque structure foliaire est indiquée (ex. Ad1, B1, I1). Les valeurs de ce faisceau sont reportées dans le premier tableau.

### Données phénologiques : Conventions de mesures

#### Légende :

**LT**: Longueur totale de la feuille

**B** : Longueur de la base (ou pétiole)

1 : largeur de la feuille

A: Feuilles adultes

I : Feuilles intermédiaires

**J** : Feuilles juvéniles

Nb A c : Nombre de feuilles adultes cassées du faisceau

**Nb A**: Nombre de feuilles adultes du faisceau

Lg A: Longueur moyenne des feuilles adultes du faisceau

**Lg A th** : Longueur moyenne théorique des feuilles adultes du faisceau (Lg A th diffère de Lg A lorsque la longueur de coupe est différente de 0)

LB: Longueur moyenne des bases du faisceau

la A: largeur moyenne des feuilles adultes du faisceau

Coef A: Coefficient A des feuilles adultes du faisceau

L.A.I. A : Leaf Area Index des feuilles adultes du faisceau

Nb I c : Nombre de feuilles intermédiaires cassées du faisceau

Nb I : Nombre de feuilles intermédiaires du faisceau

Lg I : Longueur moyenne des feuilles intermédiaires du faisceau

**Lg I th** : Longueur moyenne théorique des feuilles intermédiaires du faisceau (Lg I th diffère de Lg I lorsque la longueur de coupe est différente de 0)

la I : largeur moyenne des feuilles intermédiaires du faisceau

Coef I : Coefficient A des feuilles intermédiaires du faisceau

L.A.I. I : Leaf Area Index des feuilles intermédiaires du faisceau

Coef T: Coefficient A des feuilles adultes et intermédiaires du faisceau

L.A.I. T : Leaf Area Index des feuilles adultes et intermédiaires du faisceau

Nb total feuilles : Nombre total des feuilles de chaque catégorie pour la totalité du prélèvement

Nb feuilles cassées : Nombre total des feuilles cassées de chaque catégorie pour la totalité du prélèvement

Nb moyen feuilles : Nombre moyen des feuilles de chaque catégorie pour la totalité du prélèvement

Coefficient A : Coefficient A moyen de chaque catégorie de feuilles pour la totalité du prélèvement

Long moyenne R1 : Longueur moyenne des feuilles adultes de rang 1 pour la totalité du prélèvement

Long moyenne R1e : Longueur moyenne des feuilles adultes de rang 1 entières, pour la totalité du prélèvement

Long moyenne : Longueur moyenne des feuilles adultes pour la totalité du prélèvement

Long base : Longueur moyenne des bases pour la totalité du prélèvement

L. base R1 : Longueur moyenne des bases des feuilles adultes de rang 1 pour la totalité du prélèvement

L. base R1e : Longueur moyenne des bases des feuilles adultes de rang 1entières, pour la totalité du prélèvement

Larg. moyenne : Largeur moyenne des feuilles de chaque catégorie, pour la totalité du prélèvement

**L.A.I.** / faisc (cm2) : Leaf Area Index par faisceaux (en cm²) pour chaque catégorie de feuilles.

Annexe B: Analyse lépidochronologique

1 - Principe

Chez Posidonia oceanica lorsque les feuilles meurent, seul le limbe se détache, la base foliaire ou

pétiole reste fixée sur le rhizome et prend le nom d'écaille (Figure 2). L'épaisseur de ces écailles

varie en fonction de leur rang d'insertion sur le rhizome. La lépidochronologie est l'étude de ces

variations cycliques. Tous les rhizomes étudiés présentent ces cycles de variation d'épaisseur, qui

ont une périodicité annuelle avec un maximum et un minimum d'épaisseur par an. Les écailles

"fines" apparaissent à la fin de l'hiver ou au début du printemps, tandis que les écailles "épaisses"

apparaissent en automne.

La lépidochronologie donne ainsi la possibilité de dater les écailles et les segments de rhizomes, et

de délimiter des années précises. Elle apporte ainsi une solution à toute une série de problèmes

spécifiques:

(i) La possibilité de connaître l'âge d'un tronçon de rhizome, et d'y découper des segments

correspondant à une ou plusieurs années, permet d'évaluer de façon précise la vitesse de croissance

et la part de la production consacrée à l'allongement des rhizomes.

(ii) Associée à la phénologie, la lépidochronologie permet de modéliser le rythme de

renouvellement des feuilles et d'évaluer la production primaire. Sous certaines conditions, elle

fournit également une bonne estimation de la production primaire passée.

(iii) La présence de restes de pédoncules floraux, intercalés entre les écailles le long des rhizomes

permet de retrouver et de dater des floraisons anciennes.

Cette possibilité de datation prend toute son importance dans l'étude de l'évolution temporelle des

impacts d'une pollution (métaux traces, radioéléments), dans l'évolution chimique de la

composition des rhizomes ou dans la compréhension du mécanisme d'édification des mattes.

28

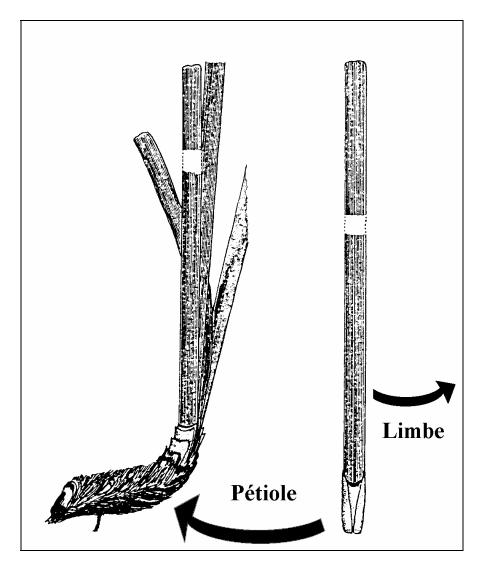


Figure 2 : Chute des feuilles chez *Posidonia oceanica*. Le limbe tombe, le pétiole reste attaché sur le rhizome.

## 2 - Application pratique

- (i) Nettoyer les rhizomes de façon à retirer le sédiment présent entre les écailles, ainsi que les épiphytes et les épibiontes macroscopiques qui colonisent le rhizome.
- (ii) Détacher les écailles en respectant l'ordre distique d'insertion. Les écailles sont emboîtées les unes dans les autres, la dissection se fait à partir des plus anciennes vers les plus récentes. Les rhizomes secondaires ne sont pas pris en compte.
- (iii) Numéroter les écailles, en fonction de leur position sur le rhizome : l'écaille se trouvant juste en dessous de la première feuille vivante a le rang N°1. Le rang des écailles augmente donc en s'éloignant du point végétatif (des plus récentes vers les plus anciennes) (Figure 3).
- (iv) Relever et noter le rang des maxima (M) et minima (m) d'épaisseur pour chaque rhizome.

- (v) Repérer les restes éventuels de pédoncules floraux. Ces pédoncules, insérés au niveau des écailles épaisses, se distinguent par une nervure centrale bien marquée. Ces pédoncules occupent la place d'une écaille et leur rang est donc noté (Figure 3).
- (vi) Lorsque l'épaisseur de l'écaille est minimale, couper le rhizome au niveau de l'insertion de cette écaille, à l'aide d'une lame de rasoir. On obtient ainsi une série de tronçons de rhizomes délimités par deux minima d'épaisseur.
- (vii) Mesurer dater et noter la longueur des tronçons de rhizomes.
- (viii) Placer les segments de rhizomes à l'étuve (60°C, 48h00) jusqu'à l'obtention d'un poids constant puis les peser.

#### 3 - Résultats

- (i) Regrouper les données obtenues sur 15 faisceaux au moins pour intégrer la variabilité liée à la plante.
- (ii) Mesurer le nombre moyen de feuilles produites par an (= nombre d'écailles par cycle).
- (iii) Calculer la vitesse de croissance annuelle des rhizomes (longueur moyenne des tronçons de rhizomes).
- (iv) Peser les rhizomes pour estimer la production de rhizomes (en grammes de poids sec/an/rhizome).
- (v) Rechercher l'existence d'éventuelles floraisons.

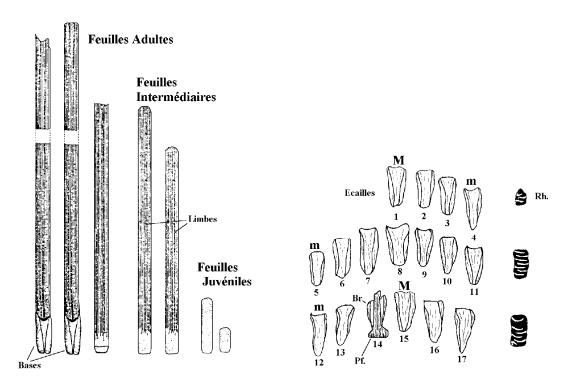


Fig. 3: Dissection d'un faisceau de *Posidonia oceanica* pour l'étude phénologique et lépidochronologique. Le rang des écailles (de 1 à 17) et les minima (m) et maxima (M) d'épaisseurs sont indiqués; les tronçons de rhizomes correspondent à chaque cycle sont figurés; un pédoncule floral (Pf) inséré avec sa bractée (Br) entre les écailles est indiqué en position 14.

## Annexe C: Synthèse MedPosidonia

## 1 - Descripteurs proposés pour MedPosidonia

Catégories	Station	Descripteurs
Structure de l'herbier	Limite inférieure	Profondeur et type de limite
	Limite inférieure	Recouvrement
	-15 m	Densité
	Limite inférieure	% plagiotrope
Structure de la plante	-15 m	Surface foliaire
	-15 m	Coefficient A
	-15 m	Production de feuilles
	-15 m	Croissance des rhizomes
Enrichissement du milieu	-15 m	Biomasse des épiphytes
	-15 m	Concentration en chlorophylle
	-15 m	Teneur en azote (CHN)
	-15 m	Matière organique du sédiment
Contamination du milieu	-15 m	Argent
	-15 m	Cadmium
	-15 m	Mercure
	-15 m	Plomb

## 2 - Grilles d'évaluation des descripteurs proposés

## **Structure de l'herbier :**

Type de limite inférieure

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
L. inf.	Progressive	Franche R+	Franche R-	Clairsemée	Régressive

Type de limite	Caractéristiques principales
Progressive	Présence de rhizomes plagiotropes en avant de la limite
Franche – Fort recouvrement (R+)	Limite nette présentant un recouvrement supérieur à 25%
Franche – Faible recouvrement (R-)	Limite nette présentant un recouvrement inférieur à 25%
Clairsemée	Densité inf. à 100 faisc./m <sup>-2</sup> , recouvrement inf. à 15%
Régressive	Présence de mattes mortes en avant de la limite

Profondeur de la limite inférieure (en m)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
L. inf.	> 34.2	34.2 à 30.4	30.4 à 26.6	26.6 à 22.8	< 22.8

Recouvrement de l'herbier (en pourcentage)

reconvious de l'incidies (en pourcentage)					
	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
L. inf.	> 35%	35% à 25%	25% à 15%	15% à 5%8	< 5%

Densité de l'herbier (nombre de faisceaux par m²)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-14 m	> 522	522 – 397	397 - 272	272 - 147	< 147
-15 m	> 492	492 - 372	372 - 253	253 - 134	< 134
-16 m	> 463	463 - 349	349 - 236	236 - 122	< 122

Rhizomes plagiotropes (en pourcentage)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
L. inf.	> 70%	70% à 30%	< 30%		

#### **Structure de la plante :**

Surface foliaire (en cm<sup>2</sup> par faisceau), entre Juin et Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	> 362	362 à 292	292 à 221	221 à 150	< 150

Coefficient A (en pourcentage) – non disponible à ce jour

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m					

Nombre de feuilles par an

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	> 8.0	8.0 à 7.5	7.5 à 7.0	7.0 à 6.5	< 6.5

Vitesse de croissance des rhizomes (en mm par an)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	> 11	11 à 8	8 à 5	5 à 2	< 2

#### **Enrichissement du milieu:**

Biomasse des épiphytes (en mg PS par cm²), feuilles adultes, entre Juin et Juillet – non disponible à ce jour

_	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m					

Concentration en chlorophylle (en mg par g PS), feuilles adultes, entre Juin et Juillet – non disponible à ce jour

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m					

Teneur en azote dans les feuilles adultes (en pourcentage)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 1.9%	1.9% à 2.4%	2.4% à 3.0%	3.0% à 3.5%	> 3.5%

Matière organique du sédiment (en pourcentage, fraction 0.063 mm)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 2.5%	2.5% à 3.5%	3.5% à 4.6%	4.6% à 5.6%	> 5.6%

### **Contamination du milieu:**

Concentration en Argent (mg par g poids sec), limbe des feuilles adultes, de Juin à Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 0.29	0.29 à 0.45	0.45 à 0.61	0.61 à 0.77	> 0.77

Concentration en Cadmium (mg par g poids sec), limbe des feuilles adultes, de Juin à Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 1.92	1.92 à 2.52	2.52 à 3.16	3.16 à 3.98	> 3.98

Concentration en Mercure (mg par g poids sec), limbe des feuilles adultes, de Juin à Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 0.035	0.035 à 0.053	0.053 à 0.067	0.067 à 0.092	> 0.092

Concentration en Plomb (mg par g poids sec), limbe des feuilles adultes, de Juin à Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 1.31	1.31 à 1.83	1.83 à 2.42	2.42 à 3.54	> 3.54