

Evaluation en apnée de l'état de conservation de l'herbier de posidonie

Natura 2000 en mer FR 910413 Posidonies de la côte Palavasienne



NOVEMBRE 2013



Maître d'ouvrage : Agence des Aires Marines Protégées

16 Quai de la Douane

CS 42932

29229 Brest Cedex 2

Maître d'œuvre : Association Voile de Neptune

Station Méditerranéenne de l'Environnement Littoral (SMEL)

2 rue des chantiers

34200 SETE

www.voiledeneptune.org

Plongeurs apnéistes : M. CANTOU, H. VIOLETTE, N. NOUGUIER

Crédits photographiques :

H. VIOLETTE – VOILE DE NEPTUNE

Ce document doit être cité de la façon suivante :

VOILE DE NEPTUNE 2013. Evaluation en apnée de l'état de conservation de l'herbier de posidonie, site Natura 2000 en mer FR 910413 Posidonies de la côte Palavasienne, 59p.



Sommaire

I. CONTEXTE	5
II. METHODOLOGIE	6
1. Localisations des stations de suivi.....	6
2. Entretien des carrés permanents	7
3. Evaluation de l'état de conservation des herbiers	9
III. Résultats	15
1. Station POSIDONIE 1 – Digue Port de Sète	15
1.1. Structure générale de l'herbier	15
1.2. Caractérisation de la matte.....	19
1.3. Analyse de l'état de vitalité de la plante	22
1.4. Evolution de l'herbier de 2011 à 2013	26
2. Station POSIDONIE 2 – Aresquiers	28
2.1. Structure générale de l'herbier	28
2.2. Caractérisation de la matte.....	32
2.3. Analyse de l'état de vitalité de la plante	33
2.4. Evolution de l'herbier de 2011 à 2013	37
3. Station POSIDONIE 3 – Palavas Ouest	39
3.1. Structure générale de l'herbier	39
3.2. Caractérisation de la matte.....	44
3.3. Analyse de l'état de vitalité de la plante	46
3.4. Evolution de l'herbier de 2011 à 2013	50
IV. Résultats complémentaires	51
V. DISCUSSION SUR LA DYNAMIQUE DE L'HERBIER DE 2011 à 2013.....	53
VI. CONCLUSION	56

I. CONTEXTE

Situé dans le Golfe du Lion, le site **Natura 2000 FR 9101413 Posidonies de la côte Palavasienne** a été proposé par la France à l'intégration au réseau écologique communautaire en février 2001, au titre de la Directive Habitats-Faune-Flore (DHFF). Il représente une vaste étendue marine plongeant jusqu'à 20 mètres de profondeur et couvrant une superficie de 10 830 hectares, allant de la commune de Frontignan à celle de La Grande-Motte et s'étendant en mer jusqu'à 2 milles nautiques.

Il correspond à l'un des trois sites du Languedoc-Roussillon désignés pour la présence de l'habitat prioritaire « herbiers de posidonies », *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813. L'herbier de posidonie est un des écosystèmes clé en Méditerranée, participant activement au maintien des équilibres biologiques et physiques des littoraux. Cet habitat particulièrement vulnérable aux pressions des activités anthropiques (aménagement, pollutions etc.) ainsi qu'à la turbidité de l'eau, constitue un très bon indicateur biologique de la qualité des eaux et plus globalement de l'état de santé du milieu. Cet habitat nécessite donc un suivi régulier au sein du site Natura 2000.

L'état initial établi en 2011 en utilisant la plongée en apnée sur trois stations avait révélé des caractéristiques particulières des herbiers du Languedoc-Roussillon, notamment des herbiers discontinus en mosaïque, sur des substrats rocheux, et soumis à d'importantes contraintes hydrodynamiques. La morphologie particulière de ces herbiers, qui selon les classifications existantes pourrait être analysée comme étant un herbier en faible vitalité, semble être une adaptation aux conditions particulières du Languedoc-Roussillon. Le suivi des mêmes paramètres deux ans après l'état initial permettra une analyse temporelle de l'évolution de l'herbier de posidonie du site Natura 2000 Posidonies de la côte Palavasienne.

OBJECTIF

L'objectif est d'évaluer l'état de conservation de l'herbier de posidonie sur ce site par le suivi de paramètres de vitalité et par observation directe, et d'analyser la dynamique de l'herbier de 2011 à 2013 au vu de ces résultats.

II. METHODOLOGIE

La méthodologie ci-dessous a été développée selon le guide méthodologique de mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon (Blouet et.al 2011).

1. Localisations des stations de suivi

La présente étude concerne trois stations localisées au cœur de l'herbier de posidonie. Les carrés permanents ont été placés en 2011 dans le cœur de l'herbier sur les zones pré-identifiées (ci-dessous).

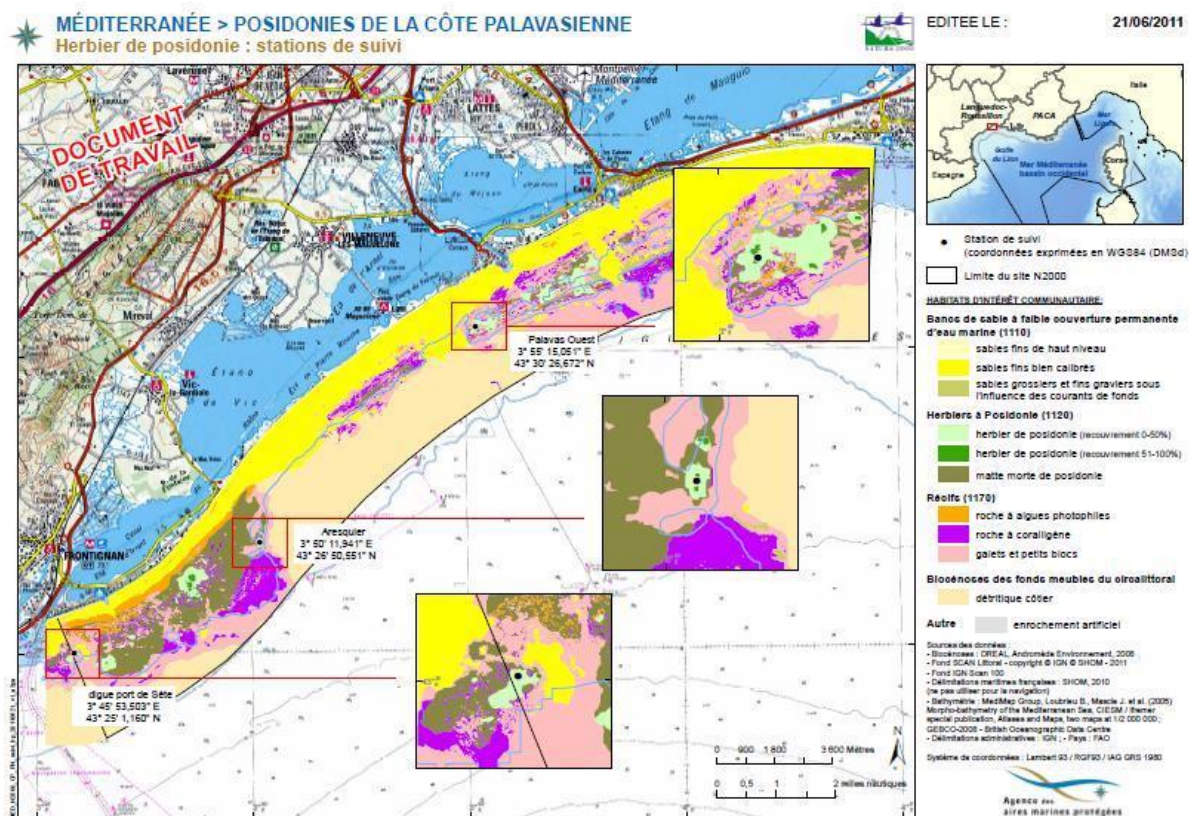


Figure 1 : Localisation des trois stations de suivi sur le site Posidonies de la côte palavasienne

Les trois stations sont dénommées par la suite d'Ouest en Est: **Station Posidonie 1** (Digue port de Sète) ; **Station Posidonie 2** (Aresquiers) ; **Station Posidonie 3** (Palavas Ouest).

2. Entretien des carrés permanents

Les carrés permanents ont été mis en place en 2011, suivant la méthodologie de mise en place d'un carré permanent de 20m x 20m en apnée (VOILE DE NEPTUNE, 2011). Ces carrés permanents permettent de suivre de manière pérenne l'herbier de posidonie sur les 3 stations définies.

La signalisation sous-marine de ces carrés permanents est constituée de bornes enfoncées dans le substrat, pour matérialiser les 4 angles du carré de 20m x 20m, ainsi que 4 bornes médianes.

Les bornes utilisées sont des repères de signalisation de géomètre FENOtm. Elles possèdent une tête de couleur voyante à la profondeur de travail, jaune ou rouge. Leur amarre est en métal en forme de pieux cylindrique de 50 mm munie d'ergots pour s'ancrer dans le substrat.

Elles ont été mises en place à l'aide d'une masselotte et d'un outil d'enfoncement :

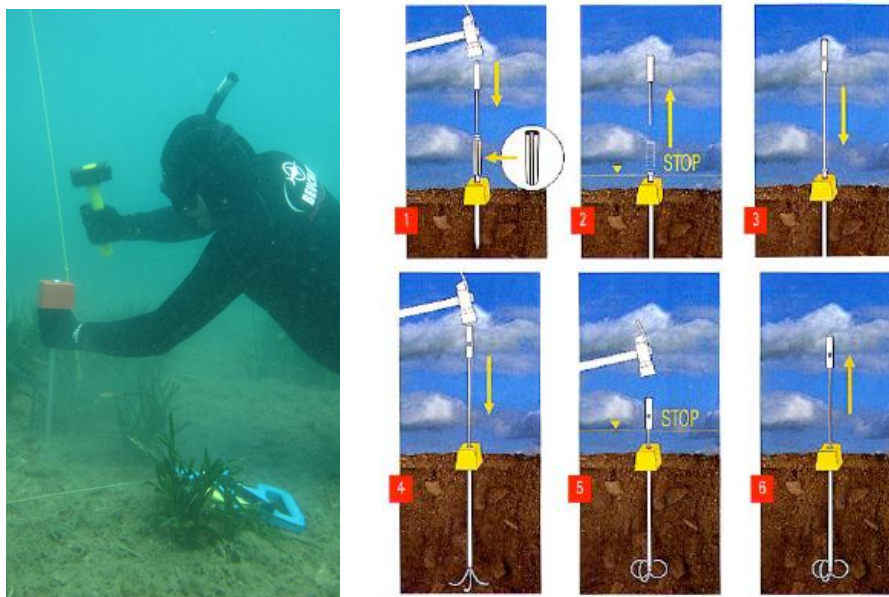


Figure 2 : Méthode d'enfoncement de la borne FENOtm dans le substrat (installation en 2011)

Une signalisation complémentaire a été mise en place en 2011 afin de faciliter le repérage sous-marin, à l'aide de repères de signalisation en PVC souple, placés aux quatre angles du carré, ainsi que des fers à béton blanc (cf. ci-dessous).

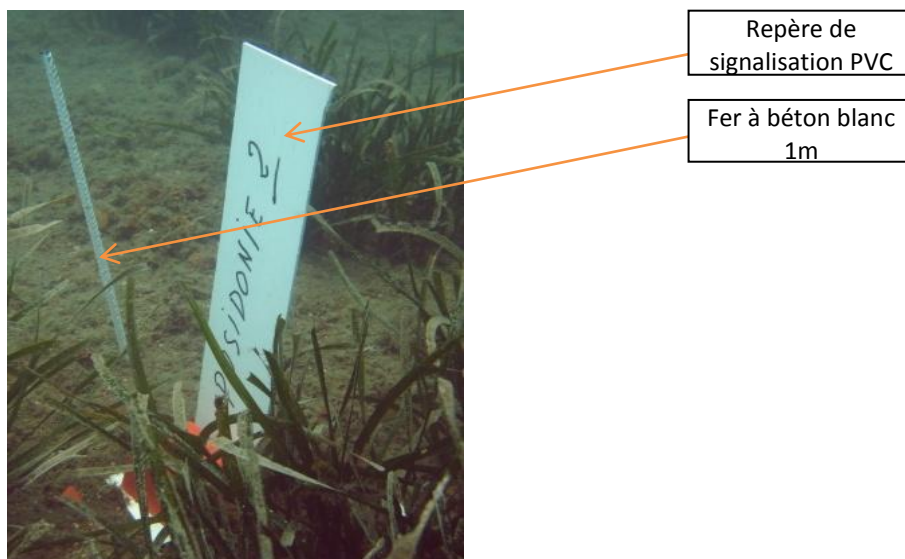


Figure 3 : Borne de l'angle NE de la station Posidonie 2 en 2011

La première phase de ce travail a consisté en un **inventaire complet de l'état des carrés permanents**, puis en un entretien des bornes et/ ou remplacement si nécessaire.

En l'espace de deux ans, seule une borne médiane sur les 3 carrés permanents est manquante, recouverte par le sédiment. Ce cas a été rencontré sur la station Posidonie 1- Digue Port de Sète qui semble avoir bénéficié d'un apport sédimentaire. Aucune autre borne n'a été recouverte sur les trois stations, ainsi l'ensemble des bornes signalant les carrés permanents sont en place en 2013.

Certains repères de signalisation ont résisté aux forces en mer, c'est le cas des fers à béton. Ce support est colonisé par de nombreuses espèces, notamment des annélides polychètes tubicoles tels que *Protula tubularia*, *Serpula vermicularis*, et ponctuellement *Sabella spallanzanii*.



Figure 4 : Bornes colonisées de l'angle NE du site de Palavas et borne SE du site Posidonie 1 en 2013

La partie haute des repères de signalisation en PVC n'a pas résisté aux forces en mer, seule l'assise sous la borne est toujours présente. Une fois les bornes retrouvées, les bornes sont grattées à l'aide d'une lame de couteau afin de raviver les couleurs pour faciliter les suivis futurs.

3. Evaluation de l'état de conservation des herbiers

Moyens humains : 2 apnéistes

Matériel :

- 2 bouées BEUCHAT™ GUARDIAN
- 1 appareil photo CANON™ G10 avec caisson étanche WP-DC34
- 1 plaque en plastique translucide 30x30 cm divisé en 9 carrés
- 2 quadras 20x20 cm
- 1 réglé inox 70 cm
- 1 mètre pliable en plastique
- 2 bobinos avec tige d'ancrage
- 2 profondimètre électronique d'apnée BEUCHAT™ MUNDIAL



Etape 1 : Structure générale de l'herbier

La structure générale de l'herbier est appréciée visuellement, et des photographies sous-marines sont réalisées. Les paramètres suivis sont :

- **Nature du substrat**

Type de substrat : Sable grossier, sable fin, sable vaseux, roche, matie morte, algues en épave et présence de ripple-marks.

La nature du substrat apporte des informations sur les conditions hydrodynamiques du site (Pergent, 2007).



Figure 5 : Herbier de posidonie sur du sable grossier

- **Structures érosives et mattes mortes**

Identification d'intermattes, tombants de mattes, rivières de mattes.



Figure 6 : Herbier soumis à un fort hydrodynamisme

Les observations sur les structures érosives de la matte sont complémentaires au suivi de la nature du substrat pour l'interprétation de phénomènes naturels (courants sous-marins notamment), et mesurer leurs impacts sur l'herbier.

- **Contour des micro-structures internes**

Type de limite : progressive, brusque, érosive ou régressive



Figure 7 : Une limite brusque due à un excès sédimentaire

Etant donné la configuration des herbiers des sites Natura 2000 du Languedoc en taches, la notion de contour est préférable à la notion de limite inférieure ou supérieure.

Ainsi, il faut prendre en compte dans les paramètres de suivi l'aspect externe de la bordure de l'herbier. Ces herbiers épars peuvent être représentés comme de petits îlots entourés de matte morte ou de sédiment, le contour de chacune de taches constitue une limite propre à une micro-structure interne de l'herbier.

La classification décrivant la typologie de la limite comme limite progressive, brusque, érosive ou régressive est décrite pour un minimum de 6 micro-structures pour chacun des herbiers suivis.

- **Impacts sur l'herbier**

- Perturbations physiques
 - Artificialisation du milieu : présence ou absence de structure artificialisées (endiguements, enrochements, passage de câble, etc.)
 - Actions anthropiques sur les mattes : observation des blocs de matte arrachés, des traces de sillons et trous dus à l'action des chaluts et des ancrs, etc.
- Perturbations biologiques
 - Observation des surfaces couvertes par les caulerpes et les rhodobiontes (espèces absentes du site = veille)
- Pressions de pollutions
 - Observation de macro-déchets, filets et autres engins de pêche, mouillages perdus etc.

Etape 2 : Caractérisation de la matte

La matte est caractérisée par la mesure du déchaussement des rhizomes plagiotropes et orthotropes, selon la méthode conventionnelle Boudouresque et al (1980a), cf.fig.8. Le déchaussement d'un rhizome plagiotrope est la distance entre le niveau du sédiment « sol », et la partie inférieure des rhizomes. Le déchaussement d'un rhizome orthotrope est la distance entre le sédiment et la base de la feuille la plus externe, diminuée de 2 cm (ci-dessous).

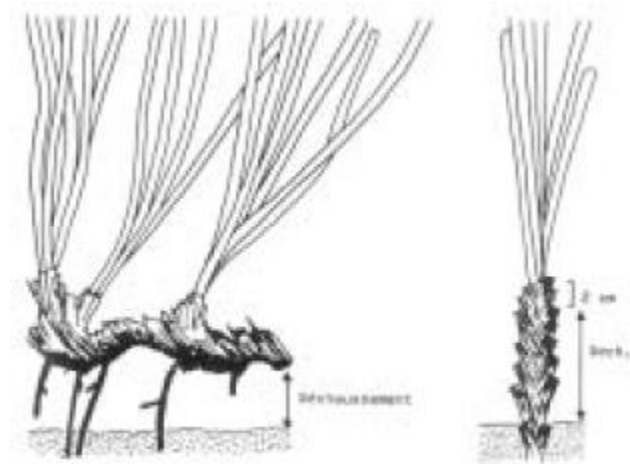


Figure 8 : Convention pour la mesure du déchaussement des rhizomes plagiotropes (à gauche) et orthotropes (à droite). D'après Boudouresque et.al. (1980a).

Le déchaussement est mesuré en limite de l'herbier à l'intérieur du quadrat.

10 répliquats sont réalisées, sur 3 zones du carré permanent.

Etape 3 : Analyse de l'état de vitalité de la plante

Cette analyse est faite par :

- Mesure de la **densité foliaire** (comptage du nombre de faisceaux/m²) à l'aide d'un quadrat de 20 cm x 20 cm.
21 répliquats dans 3 zones du carré permanent, les mesures sont extrapolées au m².

Figure 9 : Comptage du nombre de faisceaux dans un quadrat 20 cm x 20 cm



Une classification de la vitalité de l'herbier selon la profondeur a été proposée par Pergent et Martini (1994) et Pergent *et.al* (1995), qui met en relation la vitalité de l'herbier et la profondeur, selon quatre catégories : densité anormale(DA), sub-normale inférieure(DSI), densité normale (DN), densité sub-normale supérieure (DDS). Cette classification va de 1m à 40m de profondeur, en gras sont représenté les profondeurs concernant les herbiers de ce site Natura 2000 Posidonies de la côte palavasienne, de -6m à -15m (HOLON F., DESCAMPS P., 2008). Il est à noter que la profondeur

explique 54% de la variabilité de la densité des faisceaux : celle-ci diminue naturellement avec la profondeur (Pergent et al. 1995).

Tableau 1 : Classification de l'herbier selon la profondeur(m). DA = densité anormale, DSI= densité sub-normale inférieure, DN = densité normale, DSS= densité sub-normale supérieure, Pergent-Martini (1994) et Pergent et.al (1995).

	DA	DSI	DN	DSS	Prof	DA	DSI	DN	DSS
1	←822	↔	934 ↔ 1158	→	21	← 48	↔	160 ↔ 384	→
2	←646	↔	758 ↔ 982	→	22	← 37	↔	149 ↔ 373	→
3	←543	↔	655 ↔ 879	→	23	← 25	↔	137 ↔ 361	→
4	←470	↔	582 ↔ 806	→	24	← 14	↔	126 ↔ 350	→
5	←413	↔	525 ↔ 749	→	25	← 4	↔	116 ↔ 340	→
6	←367	↔	479 ↔ 703	→	26		↔	106 ↔ 330	→
7	←327	↔	439 ↔ 663	→	27		↔	96 ↔ 320	→
8	←294	↔	406 ↔ 630	→	28		↔	87 ↔ 311	→
9	←264	↔	376 ↔ 600	→	29		↔	78 ↔ 302	→
10	←237	↔	349 ↔ 573	→	30		↔	70 ↔ 294	→
11	←213	↔	325 ↔ 549	→	31		↔	61 ↔ 285	→
12	←191	↔	303 ↔ 527	→	21		↔	53 ↔ 277	→
13	←170	↔	282 ↔ 506	→	33		↔	46 ↔ 270	→
14	←151	↔	263 ↔ 487	→	34		↔	38 ↔ 262	→
15	←134	↔	246 ↔ 470	→	35		↔	31 ↔ 255	→
16	←117	↔	229 ↔ 453	→	36		↔	23 ↔ 247	→
17	←102	↔	214 ↔ 438	→	37		↔	16 ↔ 240	→
18	←88	↔	200 ↔ 424	→	38		↔	10 ↔ 234	→
19	←74	↔	186 ↔ 410	→	39		↔	3 ↔ 227	→
20	←61	↔	173 ↔ 397	→	40		↔	↔ 221	→

L'analyse de l'état de vitalité est complétée par les mesures suivantes :

- **Caractérisation du taux de consommation de l'herbier par les herbivores et les effets de l'hydrodynamisme**
La mesure est obtenue dans le quadrat au cours de la mesure de la densité foliaire (21 répliquats dans 3 zones).
- **Indice d'expansion de l'herbier**, avec le pourcentage de rhizomes plagiotropes, évalué à la limite de l'herbier. L'indice d'expansion informe sur la vitalité de l'herbier et sur sa capacité à coloniser de nouveaux espaces.
La mesure est obtenue dans le quadrat posé en limite de l'herbier (21 répliquats dans 3 zones).
- **Longueur des feuilles et nombre de feuilles par faisceaux :**
Ces paramètres, habituellement mesurés en laboratoire lorsque l'état de conservation de l'herbier autorise le prélèvement expérimental, ont été mesurés *in situ* car le prélèvement ne se justifie pas sur cet herbier.
La longueur des feuilles F1 et F2 (première et deuxième plus grande feuille par faisceaux).

30 faisceaux pris aléatoirement dans 3 zones du carré permanent.

La longueur moyenne des feuilles (L_g) est déterminée pour les feuilles adultes et intermédiaires.

30 faisceaux pris aléatoirement dans trois zones du carré permanent.

- **Le nombre de feuilles par faisceau (Nb)**

Le comptage du nombre de feuilles par faisceaux est réalisé en prenant 15 faisceaux aléatoirement dans 3 zones du carré permanent.

- **Taux de recouvrement de l'herbier**

Le taux de recouvrement est mesuré à l'aide d'une plaque en plastique translucide de 30 cm x 30 cm divisée en 9 carrés de 10 cm de côté. Le plongeur nage à 3m au-dessus du fond à l'aide de son profondimètre, en tenant la plaque à l'extrémité de ses bras, et compte le nombre de carrés occupés (plus ou moins complètement) par *P. oceanica*. (Gravez et.al. 1995).

30 mesures sont effectuées, à intervalles réguliers, dans 3 zones différentes du carré permanent.

2 à 3 mesures sont effectuées par apnée pour travailler dans des conditions idéales de sécurité.



Figure 10 : Le plongeur se tient à 3m du fond à l'aide du profondimètre

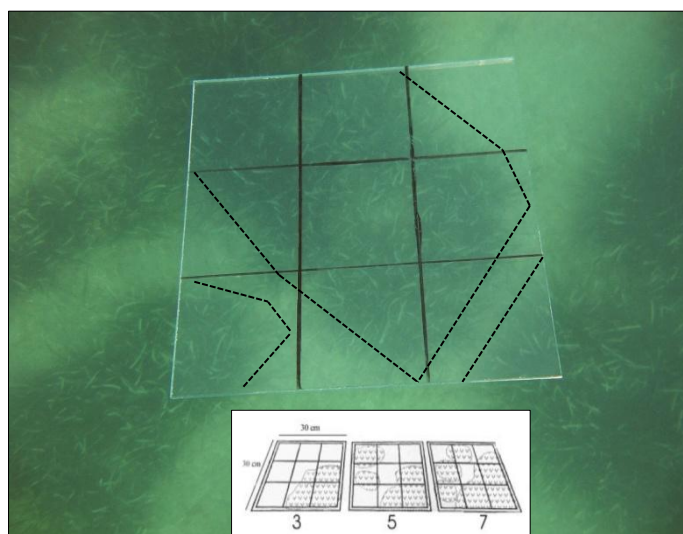


Figure 11 : Quatre exemples de comptage du nombre de carrés occupés par l'herbier ; comptage théorique en bas (Gravez et. Al. (1995)) et illustration d'un comptage in situ.

III. Résultats

1. Station POSIDONIE 1 - Digue Port de Sète

Coordonnées GPS du point central du carré permanent :

43°25'2.16"N

3°45'53.94"E

Profondeur du site : 8,6 m

Le site est situé à l'Ouest du Plateau des Aresquiers, sur un substrat rocheux ensablé.

1.1. Structure générale de l'herbier

- **Nature du substrat :**

Sur l'ensemble de la station il y a une alternance de sable grossier et de mattes mortes, avec un substrat rocheux au nord de la station. Des ripples marks (mégarides de sables) sont présentes, orientées du Sud vers le Nord, et sont très prononcées au niveau du Sud-Ouest du carré permanent.

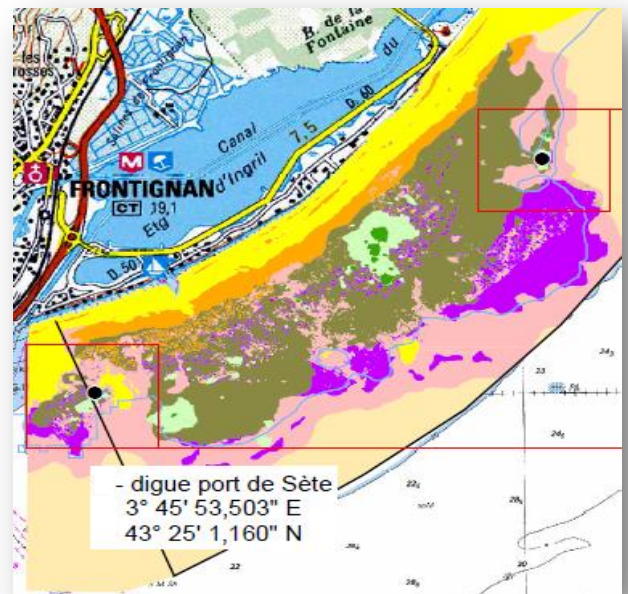


Figure 12 : Alternance de substrats rocheux, sableux, et de mattes mortes. Accumulations de feuilles mortes dans les ripples marks au SO du carré permanent.

- **Structures érosives et mattes mortes :**

L'herbier rencontré est un herbier de plaine, avec ponctuellement la présence de nombreuses touffes, séparées par de la matte morte parfois recouverte par des sédiments.

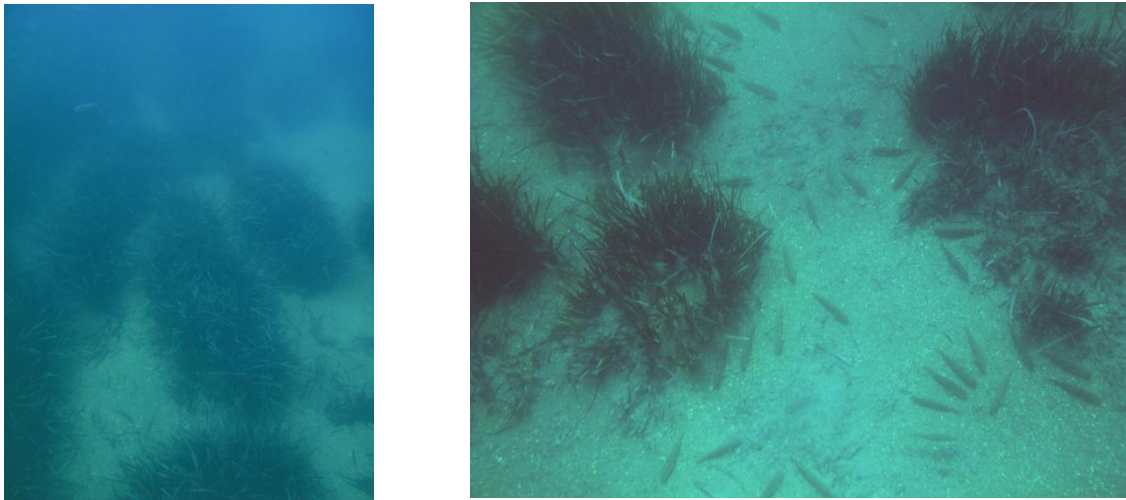


Figure 13 : Des touffes sont isolées du cœur de l'herbier dans le carré permanent.

- Caractérisation du contour des micro-structures :



Figure 14 : les limites des taches sont franches et sont essentiellement bordées par des rhizomes orthotropes.

L'ensemble des contours des micro-structures présente le même faciès : elles sont brusques. En limite des taches ce sont essentiellement des rhizomes orthotropes. Les écailles à la base des faisceaux ne sont pas visibles ce qui traduit des mouvements sédimentaires importants, voire un bilan sédimentaire positif plus important que la croissance de l'herbier.

- **Identifications des impacts sur l'herbier :**

Aucun impact anthropique visible, pas de matte arrachée ni de traces d'ancrage.

Des oursins sont présents et exercent une prédation à la base des faisceaux relativement faible. À l'inverse, la pression de broutage exercée par les poissons peut-être ponctuellement importante sur les faisceaux isolés.



Figure 15 : Les touffes isolées sont sujettes à une forte prédation par les poissons, mais la pression biologique exercée par les herbivores sur l'ensemble du site 1 est faible à moyenne.

Pas de présence de caulerpes ou de rhodobiontes.

Pas de pressions de pollution sur le site.

1.2. Caractérisation de la matte

Déchaussement :

Aucun déchaussement des rhizomes visible.

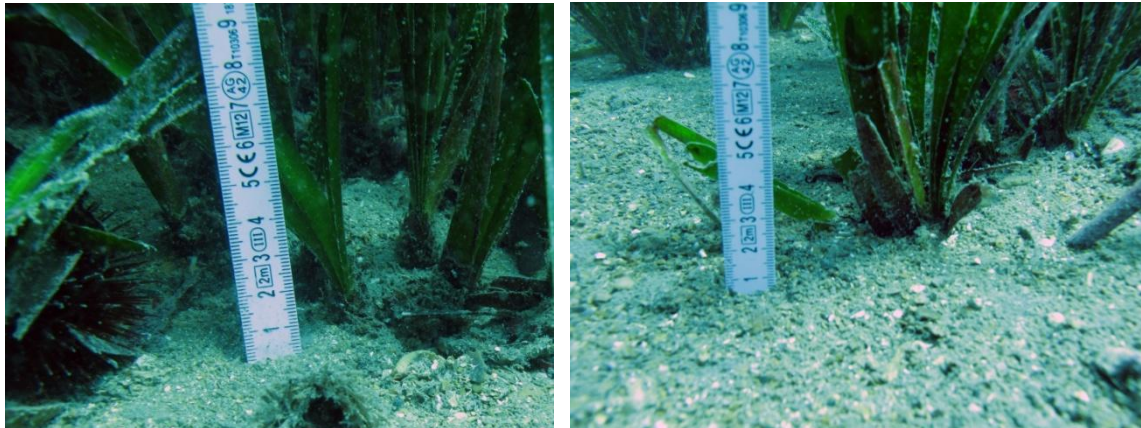


Figure 16 : Les rhizomes orthotropes et plagiotropes ne sont pas déchaussés du substrat.

Les résultats du déchaussement, mesuré sur 10 faisceaux sont les suivants :

Déchaussement de l'herbier (cm)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aucun déchaussement n'est observé sur ce site, sur les rhizomes orthotropes et plagiotropes.

A l'inverse, d'importants mouvements sédimentaires semblent s'effectuer sur ce site lors des coups de mer, comme le témoigne les observations de ripples marks.

Une observation supplémentaire vient s'ajouter à ce constat ; en hiver nous avons procédé à des mesures de luminosité et de sédimentation au niveau des herbiers de posidonies dans le cadre d'une étude d'impact mandaté par Thau Agglomération, qui nous a indirectement apporté des informations sur les mouvements sédimentaires du site.

Pour les mesures de luminosité et de sédimentation nous avons choisi d'installer les capteurs sur trois sites, notamment sur ce site Station Posidonie 1- Digue Port de Sète, proche de la borne médiane Sud du carré permanent de suivi des posidonies. Fin février 2013 un important coup de mer a emporté le mouillage mis en place. Il ne sera retrouvé que fin août 2013, à 50 m de son point d'origine environ (dérive suivant un courant d'Est).

Un important apport sédimentaire sera observé à cette occasion (cf. mouillage ensablé ci-contre).



Figure 17 : Important apport sédimentaire sur l'Ouest de la station Posidonie 1 – Digue Port de Sète.

Cette information annexe est intéressante dans le cadre d'étude de vitalité de l'herbier, car le bilan sédimentaire peut rendre compte de certaines régressions d'herbiers à *P. oceanica*. En effet, quand le bilan annuel dépasse 6-7cm, la croissance des points végétatifs des rhizomes orthotropes est insuffisante pour compenser la sédimentation, et les points végétatifs meurent (Boudouresque et al., 1984).

Dans ce cas, le bilan sédimentaire est positif d'environ 15cm, ce qui pourrait donc entraîner une régression de l'herbier. Cependant ces mouvements sédimentaires sont fréquemment observés sur ces secteurs, comme en témoignent la présence de ripple-marks de grandes tailles, pour être plus tard remobilisés, ce qui ne nous permet pas de conclure à une régression mais plutôt à une dynamique naturelle dans ce secteur. Ce paramètre sera particulièrement observé lors des suivis futurs.

Observations supplémentaires :

Une nacre *Pinna nobilis* de taille moyenne a été observé sur la partie Est du carré permanent, mais n'a pas pu être photographiée.



Figure 18 : Les poissons commerciaux fréquentent la station Posidonie 1 en grand nombre.

Cette station a conservé son potentiel d'accueil de bogues (*Boops boops*), toujours présent en grand nombre. L'importance du banc de rouget (*Mullus surmuletus*) a cependant considérablement augmenté (250 individus observés environ), ce qui est notamment dû à la capacité de l'herbier à accueillir ces poissons lors des conditions météorologiques favorables. Cela souligne l'importance de l'herbier de posidonie sur ce secteur.

1.3. Analyse de l'état de vitalité de la plante

i. Densité foliaire et taux de consommation

Les mesures de densité foliaire et le taux de consommation par les herbivores sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Densité foliaire		Consommation par les herbivores
	Nb /20 cm ²	Nb /m ²	% feuilles consommées
Q ₁	15	375	30%
Q ₂	17	425	40%
Q ₃	14	350	60%
Q ₄	16	400	60%
Q ₅	13	325	30%
Q ₆	12	300	50%
Q ₇	16	400	20%
Q ₈	18	450	20%
Q ₉	11	275	10%
Q ₁₀	15	375	5%
Q ₁₁	13	325	40%
Q ₁₂	11	275	20%
Q ₁₃	13	325	70%
Q ₁₄	16	400	60%
Q ₁₅	9	225	30%
Q ₁₆	12	300	10%
Q ₁₇	9	225	40%
Q ₁₈	17	425	60%
Q ₁₉	13	325	80%
Q ₂₀	19	475	20%
Q ₂₁	17	425	40%
Moyenne	14,1	352,4	38%
Minimum	9	225	5%
Maximun	19	475	80%

La **densité foliaire moyenne** sur les 21 quadras est de **352,4 faisceaux/m²**, avec un minimum de 225 faisceaux/m² (Q₁₅, Q₁₇) et un maximum de 475 faisceaux/m², relevé sur le quadras Q₂₀.

Selon la classification simplifiée proposée par Pergent-Martin (1994), et Pergent et.al (1995), une densité foliaire de 352,4 faisceaux/m² à 9m de profondeur correspond à une **densité sub-normale inférieure**.

La consommation moyenne des feuilles par les herbivores est de 38 %, soit 1 feuille sur 3 environ est partiellement consommée. Dans les 21 quadrats réalisés la consommation minimale enregistrée est de 5% et la consommation maximale relevée est de 80% de consommation des feuilles.

ii. Indice d'expansion de l'herbier

Très peu de rhizomes plagiotropes sont rencontrés dans cet herbier, qui semble en faible expansion.

Indice d'expansion de l'herbier (% rhizomes plagiotropes)																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Moyenne
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	1%

L'indice d'expansion de l'herbier est très faible sur cette station Posidonie 1, de 1% en moyenne, et n'a été observé que sur deux mesures (mesures n°14 et 19).

iii. Longueur des feuilles

La mesure des feuilles F1, F2, deux plus longues feuilles de chaque faisceau, ainsi que la longueur moyenne des feuilles par faisceaux sont présentée dans le tableau ci-dessous :

	Longueur des feuilles (cm)		Longueur moyenne des faisceaux (Lg)	
1	49	45	1	22
2	37	33	2	18
3	35	28	3	24
4	50	44	4	28
5	53	47	5	26
6	53	46	6	24
7	55	44	7	28
8	46	37	8	26
9	48	38	9	18
10	61	42	10	14
11	39	32	11	18
12	45	40	12	18
13	36	34	13	34
14	50	38	14	26
15	45	40	15	28
16	48	44	16	38
17	38	32	17	42
18	44	40	18	44
19	48	41	19	42
20	30	28	20	36
21	49	37	21	40
22	35	23	22	46
23	40	32	23	48
24	37	33	24	42
25	40	38	25	44
26	37	36	26	36
27	38	35	27	42
28	54	46	28	46
29	61	57	29	36
30	37	25	30	38
Moyenne	44,6	37,8	Moyenne	32,4
min	30	23	min	14
max	61	57	max	48

La **feuille F1**, première feuille la plus longue d'un faisceau, **mesure en moyenne 44,6cm**. Il est à noter que la plus longue feuille F1 mesure 61 cm (mesure n°10 et 21).

La **feuille F2**, deuxième feuille la plus longue d'un faisceau, **mesure en moyenne 37,8cm**. La plus longue feuille F2 mesure 57 cm (mesure n°29).

Les faisceaux ont une longueur moyenne de 32,4 cm.

iv. Nombre de feuilles par faisceau

Le comptage du nombre de feuille par faisceau sur la station Posidonie 1 est présenté dans le tableau ci-dessous :

Nombre de feuilles par faisceau																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Moyenne	min	max
8	7	6	6	7	8	6	10	6	8	6	12	10	16	14	8.7	6	16

En moyenne, il y a **8,7 feuilles par faisceaux**. Le nombre maximal rencontré est de 16 feuilles par faisceau, et le nombre minimal de feuille rencontré par faisceau est de 6 feuilles.

v. Taux de recouvrement de l'herbier

Le taux de recouvrement de l'herbier au sein du carré permanent de la station Posidonie 1 est présenté ci-dessous :

Taux de recouvrement de l'herbier (nombre de carrés occupés/9 carrés)																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3	6	3	7	2	4	5	4	3	4	6	3	4	6	9	8	1	0	5	4	6	3	5	8	2	7	6	4	9	4

En moyenne, 4,7 carrés sont occupés sur 9, ce qui correspond à **un taux de recouvrement de l'herbier de 52,2 %** sur la station Posidonie 1.

1.4. Evolution de l'herbier de 2011 à 2013

Les résultats des deux campagnes sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Evolution des paramètres de l'herbier 2011-2013

PARAMETRES		2011	2013	Evolution
Profondeur moyenne (m)		8,6		
Densité foliaire (nb faisceaux /m ²)	Moyenne	287	352	+
	Min	175	225	
	Max	400	475	
Indice d'expansion (% rhizomes plagiotropes)		0	1	+/-
Taux de consommation		32	38	+/-
Longueur F1 (cm)	Moyenne	45,5	44,6	+/-
	Min	30	30	
	Max	68	61	
Longueur F2 (cm)	Moyenne	41,9	37,8	-
	Min	26	23	
	Max	65	57	
Taux de recouvrement		59	52	+/-
Nb feuilles/faisceaux	Moyenne		8,7	
	Min		6	
	Max		16	
Longueur moyenne des faisceaux (Lg)	Moyenne		32,4	
	Min		14	
	Max		48	
Déchaussement (cm)		0	0	=

De 2011 à 2013, on observe sur la station Posidonie 1 –Digue Port de Sète que :

- **la densité foliaire a légèrement augmentée**, pour passer de 287 faisceaux/m² en 2011 à 352 faisceaux/m² à 2013, ce qui reste une densité subnormale inférieure,
- **l'indice d'expansion de l'herbier n'a pas évolué** et est considéré comme nul (0 à 1%),
- **Le taux de consommation de l'herbier par les herbivores est en légère augmentation non significative**, de 32% en 2011 à 38 % en 2013,
- **La longueur moyenne de la feuille la plus longue du faisceau F1 est en légère augmentation non significative**, de 45,5 cm en 2011 à 44,6 cm en 2013
- **La longueur moyenne de la deuxième feuille la plus longue F2 est en diminution**, de 41,9cm à 37,8 cm.
- **Le taux de recouvrement de l'herbier dans le carré permanent est en légère diminution non significative**, de 59 % en 2011 à 52% en 2013

- Enfin, **le déchaussement de l'herbier est stable**, il n'y a pas de déchaussement en 2011 comme en 2013.

Selon les différents paramètres on observe que **l'état de vitalité de l'herbier de la station Posidonie 1 – Digue Port de Sète est relativement stable, voire en augmentation** si l'on se réfère à l'un des paramètres majeurs, la densité foliaire.

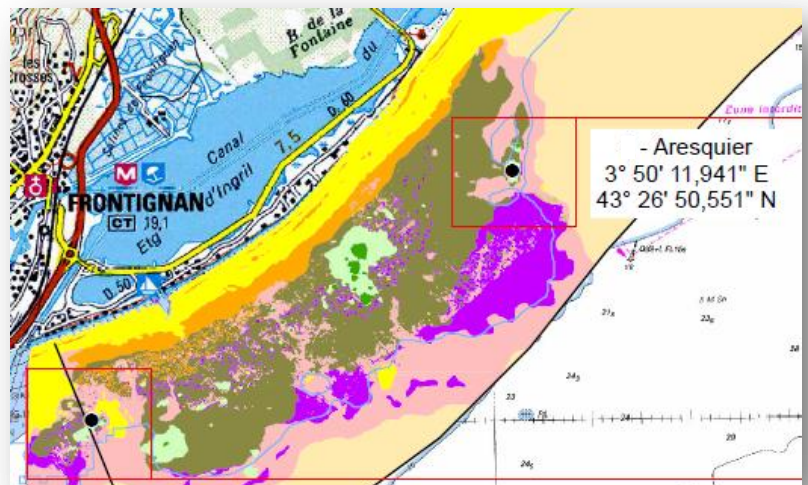
2. Station POSIDONIE 2 - Aresquiers

Coordonnées GPS du point central du carré permanent :

43°26'49.98"N

3°50'7.62"E

Profondeur : 8.4m



Le site est une remontée entre deux rentrées vers l'Ouest du plateau rocheux des Aresquiers, proche du tombant orienté secteur Est de ce plateau.

2.1. Structure générale de l'herbier

- **Nature du substrat :**

Du fait de la position géographique du site, la posidonie est ici implantée sur une remontée rocheuse.



Figure 19 : Un herbier implanté sur des roches sédimentaires.

Le substrat est majoritairement rocheux, avec ponctuellement des accumulations de sable fin au pied de certaines tâches d'herbier. Le substrat rocheux est abondamment colonisé par des espèces telles que les anémones *Actinia equinia* ou des algues vertes types *Codium bursa*.

- **Structures érosives et mattes mortes**

L'herbier rencontré est un herbier de plaine, dont l'implantation semble dépendre du substrat rocheux en grande partie, et semble subir des contraintes hydrodynamiques façonnant des formes régulières.



Figure 20 : L'herbier de la station Posidonie 2 présentant des disparités au sein du carré permanent.

Une zone de matte morte est notable au Sud-Ouest du carré permanent (cf. photo centrale figure ci-dessus). Des algues filamenteuses avaient été observées en 2011 sur une surface de 5m² environ sur cette matte morte, cette observation n'a pas été faite en 2013.

- **Caractérisation du contour des micro-structures :**

Les bordures externes des taches d'herbier sont brusques, quel que soit la typologie du terrain sur lequel les taches sont implantées.

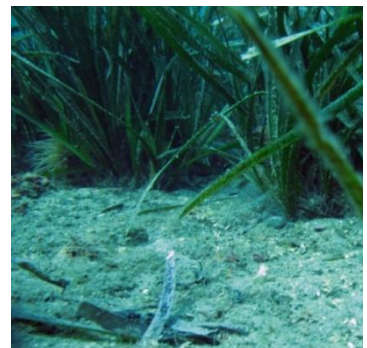
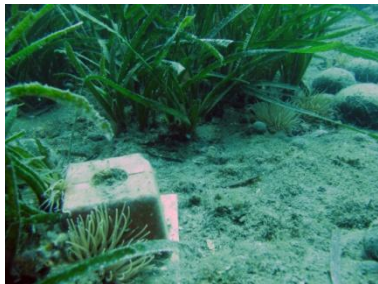


Figure 21 : Les limites des microstructures sont brusques.

- **Identification des impacts sur l'herbier :**

Aucun impact anthropique n'est visible, pas de matte arrachée ni de traces d'ancrage.

La pression biologique est faible à moyenne, seuls quelques oursins *Paracentrotus lividus* sont présents sur le site et broutent la base des faisceaux.



Figure 22 : Oursin commun au cœur de l'herbier.

Pas de présence de caulerpes ou de rhodobiontes.

Pas de pressions de pollution sur le site.

2.2. Caractérisation de la matre

Déchaussement :

Le déchaussement de la matre est nul.

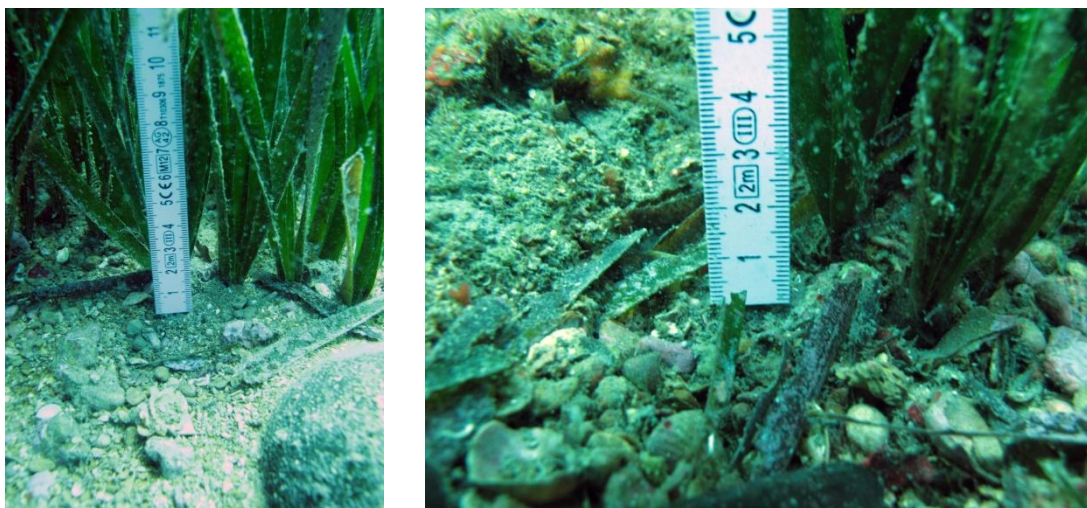


Figure 23 : Pas de déchaussement de la matre sur la station Posidonie 2.

Les résultats du déchaussement, mesuré sur 10 faisceaux sont les suivants :

Déchaussement de l'herbier (cm)										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyenne
0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0,3

A deux reprises, un faible déchaussement a été mesuré sur ce site. **La moyenne du déchaussement des faisceaux est de 0,3 cm sur ce site.**

Observations supplémentaires d'ichtyofaune:

Peu de poissons furent rencontrés sur cette zone, à l'exception de quelques rougets de roches *Mullus surmuletus*.

2.3. Analyse de l'état de vitalité de la plante

i. Densité foliaire et taux de consommation

Les mesures de densité foliaire, l'indice d'expansion de l'herbier et le taux de consommation par les herbivores sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Densité foliaire		Consommation par les herbivores
	Nb /20 cm ²	Nb /m ²	% feuilles consommées
Q ₁	13	325	20
Q ₂	15	375	10
Q ₃	16	400	0
Q ₄	12	300	30
Q ₅	12	300	40
Q ₆	13	325	30
Q ₇	14	350	60
Q ₈	14	350	40
Q ₉	17	425	30
Q ₁₀	15	375	5
Q ₁₁	16	400	5
Q ₁₂	13	325	10
Q ₁₃	17	425	5
Q ₁₄	14	350	30
Q ₁₅	15	375	20
Q ₁₆	19	475	20
Q ₁₇	15	375	5
Q ₁₈	16	400	40
Q ₁₉	14	350	15
Q ₂₀	12	300	20
Q ₂₁	12	300	40
Moyenne	14,5	361,9	23%

La densité foliaire moyenne sur le carré permanent est de **362 faisceaux/m²**, avec un maximum de 475 faisceaux/m² (Q₁₆) et un minimum de 300 faisceaux/m² (Q₄, Q₅, Q₂₀, Q₂₁).

Selon la classification simplifiée proposée par Pergent-Martin (1994), et Pergent et.al (1995), une densité foliaire de 361,9 faisceaux/m² à 8m de profondeur correspond à une **densité subnormale inférieure**.

En moyenne, **23% des feuilles ont des traces de consommation par les herbivores**, avec un maximum de 60% de feuilles présentant des traces de consommation.

ii. Indice d'expansion de l'herbier

Indice d'expansion de l'herbier (% rhizomes plagiotropes)																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Moyenne
0	20	0	5	0	0	20	10	0	0	0	0	0	10	10	0	10	0	0	0	20	5

L'indice d'expansion moyen de l'herbier est de 5% sur la station Posidonie 2 –Aresquiers.

iii. Longueur des feuilles

La mesure des feuilles F1, F2, ainsi que la longueur moyenne des faisceaux sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Longueur des feuilles (cm)		Longueur moyenne des faisceaux Lg (cm)	
	F1	F2		
1	22	14	1	37
2	40	36	2	32
3	32,5	22	3	31
4	22	22	4	42
5	21	16	5	33
6	52	48	6	36
7	49,5	47	7	37
8	32	27	8	33
9	26	25,5	9	31
10	35	33	10	32
11	37	35	11	25
12	47	31	12	30
13	49	46	13	40
14	34	32	14	30
15	28	26	15	36
16	36	35	16	38
17	32	31	17	32
18	36	34	18	36
19	22	20,5	19	31
20	20	19	20	34
21	27	21	21	44
22	37	36	22	28
23	43	35	23	25
24	26	24	24	34
25	44	42	25	36
26	26	23	26	28
27	36	35	27	38
28	29	20	28	34
29	30	25	29	36
30	24	19	30	36
Moyenne	33,2	29,3	Moyenne	33,8
min	20	14	min	25
max	52	48	max	44

La feuille F1, première feuille la plus longue d'un faisceau, **mesure en moyenne 33,2 cm**. La feuille la plus longue mesurée est de 52 cm, la plus petite mesure 20 cm.

La feuille F2, deuxième plus longue d'un faisceau, **mesure en moyenne de 29,3 cm**. La plus longue feuille F2 mesurée sur cette station à une longueur de 48 cm, la plus petite mesure 14 cm.

iv. Nombre de feuilles par faisceau

Nombre de feuilles par faisceau																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Moyenne	min	max
8	6	7	11	6	8	8	5	12	9	11	14	12	6	8	8,7	5	14

En moyenne, les faisceaux sont composés de 8,7 feuilles. Le minimum est de 5 feuilles par faisceaux, et le maximum de 14 feuilles.

v. Taux de recouvrement

Taux de recouvrement de l'herbier (nombre de carrés occupés/9 carrés)																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
8	3,5	3	5,5	6,5	8	9	7	9	3,5	5,5	5	0	7	6	1	3	3	4	6	3,5	7	4,5	4	7	3	5	3	6	6

Le taux de recouvrement moyen est de 5,1 carrés occupés par l'herbier sur 9 carrés. C'est à dire que **l'herbier recouvre 56,5 % de la surface de la station Posidonie 2 - Aresquiers**.

2.4. Evolution de l'herbier de 2011 à 2013

Les résultats des deux campagnes sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Evolution des paramètres de l'herbier 2011-2013

PARAMETRES		2011	2013	Evolution
Profondeur moyenne (m)		8,4		
Densité foliaire (nb faisceaux /m ²)	Moyenne	319	362	+
	Min	200	300	
	Max	425	475	
Indice d'expansion (% rhizomes plagiotropes)		10	5	+/-
Taux de consommation		22	23	+/-
Longueur F1 (cm)	Moyenne	36,4	33,2	-
	Min	14	20	
	Max	57	52	
Longueur F2 (cm)	Moyenne	30,6	29,3	-
	Min	13,5	14	
	Max	43	48	
Taux de recouvrement		56	56,5	+/-
Nb feuilles/faisceaux	Moyenne		8,7	
	Min		5	
	Max		14	
Longueur moyenne des faisceaux (Lg)	Moyenne		33,8	
	Min		25	
	Max		44	
Déchaussement (cm)		0	0,3	+/-

De 2011 à 2013, on observe sur la station Posidonie 2 –Aresquiers que :

- **la densité foliaire a augmentée**, pour passer de 319 faisceaux/m² en 2011 à 362 faisceaux/m² à 2013, ce qui reste une densité subnormale inférieure,
- **l'indice d'expansion de l'herbier a légèrement baissé de 10 % à 5% en 2013,**
- **Le taux de consommation de l'herbier par les herbivores n'a pas évolué de manière significative**, de 22% en 2011 à 23 % en 2013,
- **La longueur moyenne de la feuille la plus longue du faisceau F1 est en baisse**, de 36,4 cm en 2011 à 33,2 cm en 2013
- **La longueur moyenne de la deuxième feuille la plus longue F2 est en légère diminution**, de 30,6 cm à 29,3 cm.
- **Le taux de recouvrement de l'herbier dans le carré permanent est stable**, de 56 % en 2011 à 56,5 % en 2013

- Enfin, **le déchaussement de l'herbier est stable et quasiment nul**, avec un déchaussement de 0,3 cm en 2013 contre 0 cm en 2011.

Selon les différents paramètres on observe que **l'état de vitalité de l'herbier de la station Posidonie 2 – Aresquiers est relativement stable, voire en augmentation** si l'on se réfère à l'un des paramètres majeurs, la densité foliaire.

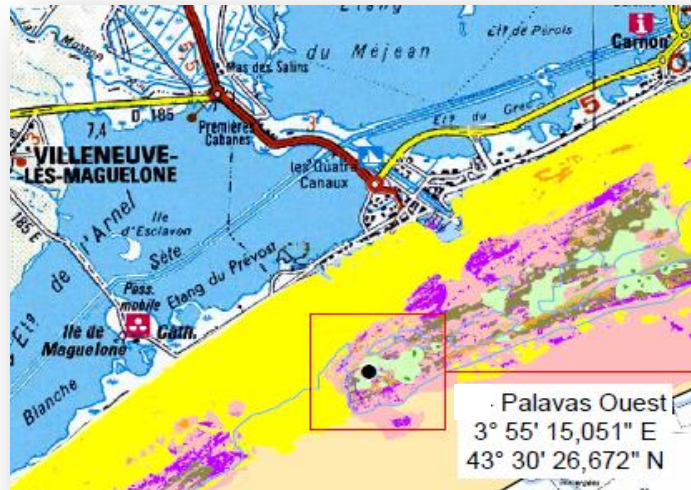
3. Station POSIDONIE 3 - Palavas Ouest

Coordonnées GPS du point central
du carré permanent :

43°30'22.68"N

3°55'6.54"E

Profondeur : 9.1m



Le site est situé en face du Grau du Prévost, dans une anse dans laquelle s'écrase les forts courants de SE hivernaux et les brises thermiques de SO de l'été. Le site est donc soumis à une turbidité et un hydrodynamisme important du fait de sa position géographique.

3.1. Structure générale de l'herbier

- **Nature du substrat :**

Le substrat est caractérisé par la présence de roches, autour et dans le carré permanent.



Figure 24 : un substrat grossier de sable et de roches fragmentées.

Les roches sont sous forme de dalles, à la surface du sol ou sous la surface.

Des morceaux de ces roches fragmentées sont retrouvés piégée dans l'herbier.

Le sud du carré permanent est la zone la plus rocheuse, avec la présence d'une station à gorgones (*Eunicella verrucosa*) et codium en boules (*Codium bursa*).

- **Structures érosives et mattes mortes :**

L'herbier est un herbier de plaine, présentant un aspect tigré avec des bandes d'herbier de 0.5 à 2m de largeur.

L'aspect tigré est visible sur le Sud-Ouest et le Nord-Est du carré permanent, avec des lignes visibles orientées du Sud-Ouest vers le Nord-Est et du Sud-Est vers le Nord-Ouest (ci-dessous).



Figure 25 : l'herbier présente un aspect tigré, en bandes plus ou moins géométriques.

Au centre des bandes d'herbiers nous retrouvons d'importantes accumulations de sable grossier et de fragments de roches.

Ce sont des chenaux sagittaux de petite taille, plus ou moins perpendiculaires à la côte, provenant des effets hydrodynamiques locaux tels que les courants de fonds de baie. Les zones ne présentant pas ces bandes géométriques montrent plutôt un herbier en taches, avec de la matte morte entre les taches (cf. ci-dessous).



Figure 26 : Les contours des taches d’herbier sont brusques.

Cette organisation en taches est surtout visible sur la partie Est du carré permanent.

- **Caractérisation du contour des micro-structures :**

Les lignes d'herbier sont surélevées par rapport aux accumulations de sable grossier (+10 à 15 centimètres en moyenne).

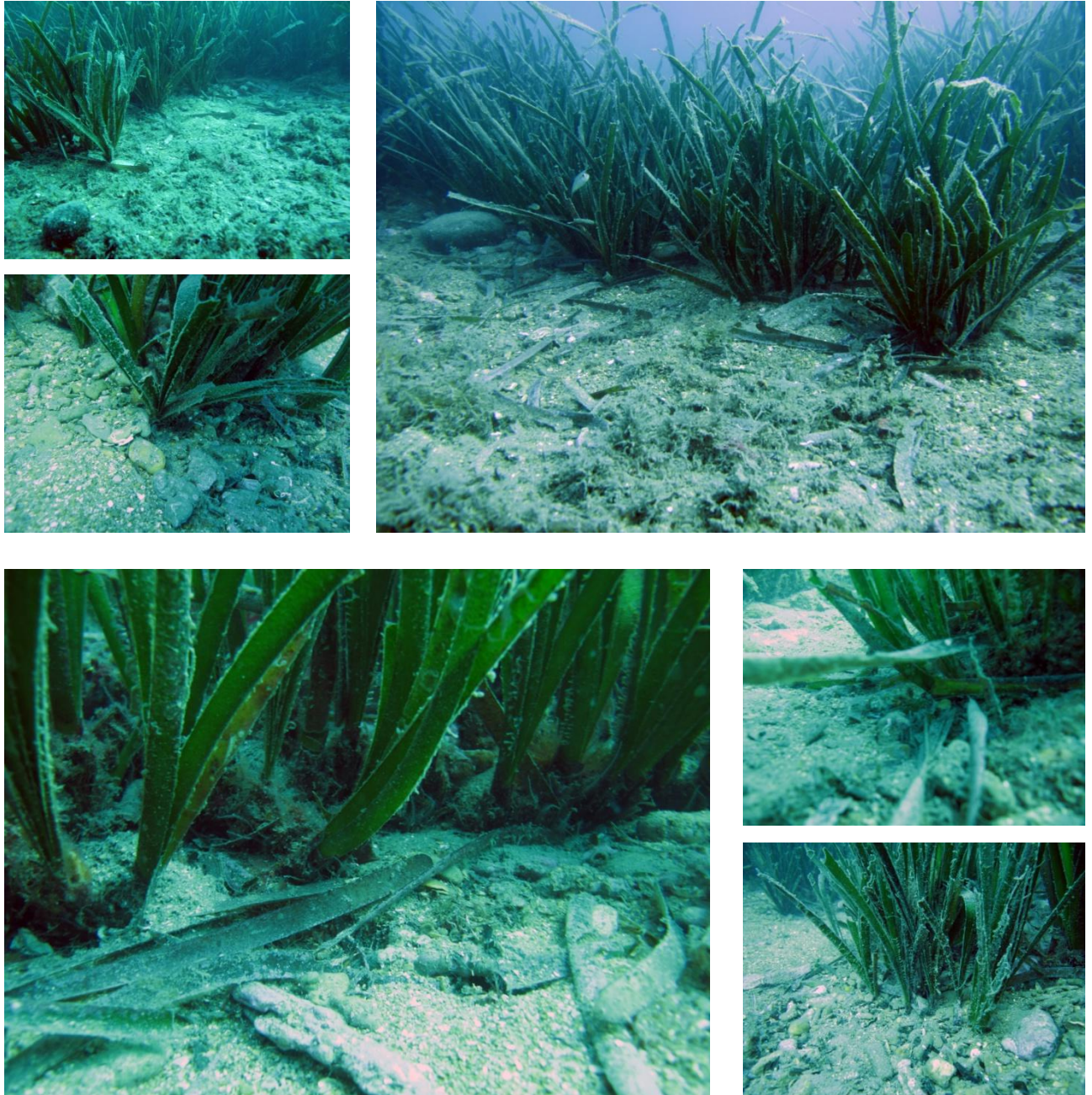


Figure 27 : Les contours des taches d'herbier sont brusques.

- **Identifications des impacts sur l'herbier :**

Aucun impact anthropique n'est visible, pas de matte arrachée ni de traces d'ancrage. Cependant, les impacts biologiques causés par les herbivores sont importants

Des oursins sont présents (*Sphaerechinus granularis*, *Paracentrotus lividus*). Les labres (*Symphodus tinca*) observés en 2011 ne seront pas observés en 2013.

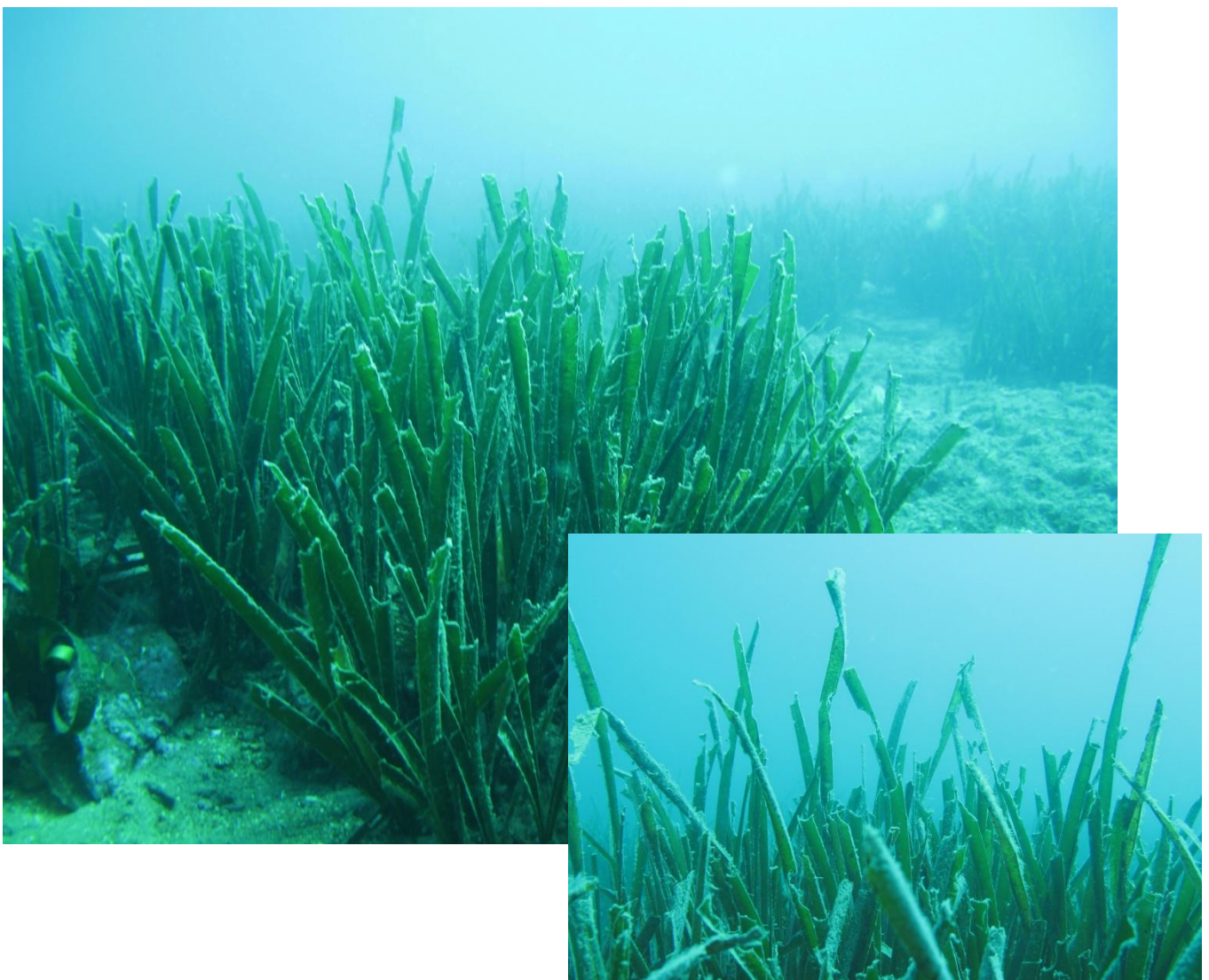


Figure 28 : Une pression biologique importante est exercée par les brouteurs sur la station Posidonie 3.

La pression par les poissons brouteurs (Saupe *Sarpa salpa*, Girelle *Coris julis*, labridés...) est importante.

Le nombre de feuilles broutées observées, souvent à plusieurs endroits de la phanérogame vient confirmer la présence importante de cette biomasse faunistique. Les résultats de mesure du taux de consommation sont exposés ci-dessous dans l'analyse de l'état de vitalité de la plante.

Pas de présence de caulerpes ou de rhodobiontes.

Pas de pressions de pollution sur le site.

3.2. Caractérisation de la matre

Déchaussement :

Les rhizomes orthotropes et plagiotropes ne sont pas déchaussés par rapport au substrat.

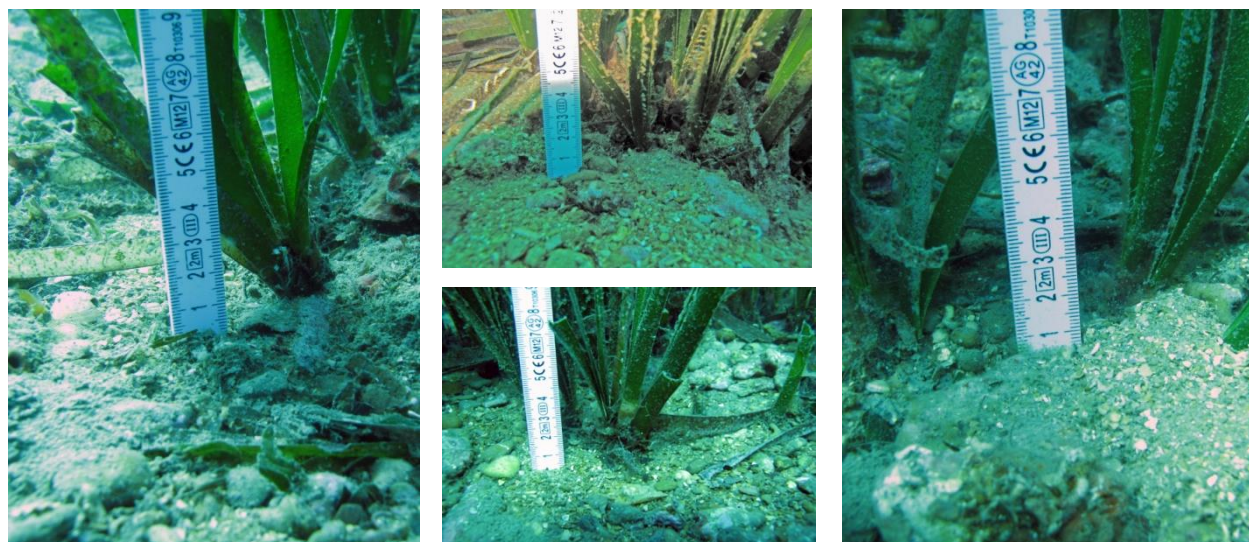


Figure 29 : déchaussement de la matre nulle sur la zone de Palavas.

Déchaussement de l'herbier (cm)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le déchaussement des rhizomes sur la station Posidonie 3 est nul. Aucun déchaussement n'a été observé.



Observations supplémentaires :

Comme en 2011, la biodiversité présente sur cette station est importante. Nos rencontres avec les poissons ont été nombreuses. De nombreux adultes de sparailon *D. annularis* était présent dans l'herbier lors des comptages, ainsi que d'autres sars (*D. sargus*, *D. vulgaris*), ainsi que des poissons bleus tels que des anchois (*Engraulis encrasicolus*), des chinchards (*Trachurus trachurus*), et des maquereaux communs (*Scomber scombrus*).

3.3. Analyse de l'état de vitalité de la plante

i. Densité foliaire et taux de consommation

Les mesures de densité foliaire, et le taux de consommation par les herbivores sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Densité foliaire		Consommation par les herbivores
	Nb /20 cm ²	Nb /m ²	% feuilles consommées
Q ₁	15	375	10%
Q ₂	11	275	40%
Q ₃	13	325	60%
Q ₄	4	100	40%
Q ₅	14	350	50%
Q ₆	17	425	20%
Q ₇	16	400	20%
Q ₈	12	300	40%
Q ₉	13	325	60%
Q ₁₀	15	375	80%
Q ₁₁	17	425	40%
Q ₁₂	16	400	90%
Q ₁₃	14	350	60%
Q ₁₄	8	200	60%
Q ₁₅	11	275	80%
Q ₁₆	18	450	40%
Q ₁₇	15	375	20%
Q ₁₈	10	250	60%
Q ₁₉	14	350	20%
Q ₂₀	14	350	40%
Q ₂₁	13	325	20%
Moyenne	13,3	333,3	45,2%
min	4	100	10%
max	18	450	90%

La densité foliaire moyenne est de 333 faisceaux/m², avec un minimum de 100 faisceaux et un maximum de 450 faisceaux/m².

Selon la classification simplifiée proposée par Pergent-Martin (1994), et Pergent et.al (1995), une densité foliaire de 333,3 faisceaux/m² à 9m de profondeur correspond à une **densité sub-normale inférieure**.

Les feuilles sont consommées à 45% en moyenne, mais le taux de consommation peut atteindre 90%.

ii. Indice d'expansion de l'herbier

Indice d'expansion de l'herbier (% rhizomes plagiotropes)																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Moyenne
0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	0%	0%	0%	15%	0%	0%	25%	0%	0%	5%

Peu de **rhizomes plagiotropes** sont présents dans cet herbier, **l'indice d'expansion de l'herbier est de 5% en moyenne**.

iii. Longueur des feuilles

La mesure des feuilles F1, F2 ainsi que la longueur moyenne des faisceaux sont présentés ci-dessous :

	Longueur des feuilles (cm)		Longueur moyenne des faisceaux Lg (cm)	
	F1	F2		
1	18	15	1	26
2	18	16	2	22
3	24	20	3	16
4	26	18	4	14
5	22	18	5	12
6	20	16	6	13
7	32	18	7	14
8	26	20	8	16
9	22	20	9	12
10	40	20	10	14
11	24	18	11	16
12	34	30	12	14
13	19	16	13	18
14	26	24	14	16
15	32	18	15	18
16	18	16	16	18
17	20	16	17	16
18	28	22	18	16
19	20	18	19	24
20	22	20	20	22
21	18	16	21	26
22	28	22	22	16
23	24	20	23	22
24	20	18	24	20
25	16	14	25	18
26	38	26	26	24
27	26	24	27	21
28	26	22	28	22
29	21	18	29	18
30	22	20	30	16
Moyenne	24,3	19,3	Moyenne	18,0
min	16	14	min	12
max	40	30	max	26

Sur 30 mesures, **la feuille F1 d'un faisceau mesure 24,3 cm en moyenne**. La plus longue feuille F1 mesurée est de 40 cm.

La feuille F2, deuxième feuille la plus longue d'un faisceau **mesure en moyenne 19,3 cm**. La plus longue feuille F2 rencontrée mesure 30 cm.

En moyenne, **les faisceaux mesurent 18 cm de longueur**.

iv. Nombre de feuilles par faisceau

Nombre de feuilles par faisceau																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Moyenne	min	max
8	10	6	6	8	9	5	3	9	5	6	6	10	6	6	6,9	3	10

Le nombre moyen de feuilles par faisceau est de 6,9 feuilles, mais des faisceaux possédant jusqu'à 10 feuilles ont été rencontrés.

v. Taux de recouvrement

Taux de recouvrement de l'herbier (nombre de carrés occupés/9 carrés)																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
6	8	8	4	5	3,5	7	5,5	3	5	3	1	5	6	1	1	2	2	3	3	4	1	2	7	5	3	6	3	2	3

Le taux de recouvrement moyen de l'herbier est de 3,93 carrés occupés (/9 carrés), **soit 43,7% de surface de la station Posidonie 3 recouverte par l'herbier de posidonie**.

Observation supplémentaire :

La nacre *Pinna nobilis* observé en 2011 sur le Sud du carré permanent n'a pas été retrouvé lors de ce suivi.

3.4. Evolution de l'herbier de 2011 à 2013

Les résultats des deux campagnes sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Evolution des paramètres de l'herbier 2011-2013

PARAMETRES		2011	2013	Evolution
Profondeur moyenne (m)		9,1		
Densité foliaire (nb faisceaux /m ²)	Moyenne	340	333	+/-
	Min	275	100	
	Max	425	450	
Indice d'expansion (% rhizomes plagiotropes)		5	5	=
Taux de consommation		56	45	-
Longueur F1 (cm)	Moyenne	40,4	24,3	-
	Min	21	16	
	Max	50	40	
Longueur F2 (cm)	Moyenne	35,7	19,3	-
	Min	16	14	
	Max	47	30	
Taux de recouvrement		47	43,3	-
Nb feuilles/faisceaux	Moyenne		6,9	
	Min		3	
	Max		10	
Longueur moyenne des faisceaux (Lg)	Moyenne		18	
	Min		12	
	Max		26	
Déchaussement (cm)		0	0	=

De 2011 à 2013, on observe sur la station Posidonie 3 –Palavas Ouest que :

- **la densité foliaire est relativement stable**, de 340 faisceaux/m² en 2011 à 333 faisceaux/m² à 2013, ce qui reste une densité subnormale inférieure,
- **l'indice d'expansion de l'herbier est stable**, autour de 5 %,
- **Le taux de consommation de l'herbier par les herbivores a baissé**, de 56% en 2011 à 45 % en 2013,
- **La longueur moyenne de la feuille la plus longue du faisceau F1 est plus faible**, de 40,4 cm en 2011 à 24,3 cm en 2013
- **La longueur moyenne de la deuxième feuille la plus longue F2 est plus faible**, de 35,7 cm à 19,3 cm.
- **Le taux de recouvrement de l'herbier dans le carré permanent a légèrement baissé**, de 47 % en 2011 à 43,3 % en 2013

- Enfin, le **déchaussement de l'herbier est stable et nul.**

Selon les différents paramètres on observe que **l'état de vitalité de l'herbier de la station Posidonie 3 – Palavas Ouest est stable, cependant la forte diminution des longueurs moyennes des premières et deuxième feuilles les plus longues F1 et F2 est à noter.** Ce paramètre sera particulièrement suivi sur ce site pour déterminer s'il influe sur la vitalité de l'herbier sur le long terme.

IV. Résultats complémentaires

Des capteurs de luminosité et de sédimentation ont été mis en place en 2012-2013 dans le cadre de l'état initial du milieu marin sur les secteurs Espiguette, Sète et Frontignan, campagnes été automne hiver 2012-2013. Ces capteurs ont été placés sur 3 site à proximité immédiate de l'herbier de posidonie : la voie romaine (appelé ci-dessous Sète), plateau des Aresquiers au niveau de l'herbier de Tahiti (appelé Tahiti surface et fond, proche de la station de suivi ARE d'Andromède océanologie) et la sortie du port de Sète (appelé Aresquiers surface et fond). C'est ce dernier site qui nous concerne dans ce cas, car le mouillage contenant les capteurs de luminosité et de sédimentation de surface et de fond, a été volontairement placé au Sud du carré permanent.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Moyennes journalières du rapport d'intensité lumineuse (une semaine par station).

		Sète	Tahiti surface	Tahiti fond	Aresquiers surface	Aresquiers fond	
	Profondeur du capteur	3,9 m	4,1 m	5,5 m	4,8 m	6,9 m	Moyenne
Eté	14/09/2012	8,9%	9,5%	8,0%	5,7%	2,0%	6,8%
	15/09/2012	7,7%	9,8%	8,8%	7,6%	1,7%	7,1%
	16/09/2012	8,5%	10,5%	10,3%	7,3%	2,1%	7,7%
	17/09/2012	11,0%	11,8%	11,6%	7,4%	2,0%	8,8%
	18/09/2012	10,8%	13,0%	9,5%	5,6%	2,2%	8,2%
	19/09/2012	10,3%	14,0%	6,2%	9,6%	5,2%	9,1%
	20/09/2012	9,1%	9,3%	8,1%	9,6%	7,1%	8,6%
Automne	01/11/2012	2,1%	3,0%	1,3%	0,4%	0,0%	1,4%
	02/11/2012	2,4%	1,8%	0,7%	0,8%	0,2%	1,2%
	03/11/2012	5,1%	5,7%	2,8%	3,2%	0,9%	3,6%
	04/11/2012	7,0%	5,5%	2,9%	2,5%	0,7%	3,7%
	05/11/2012	6,0%	4,3%	2,8%	3,1%	1,2%	3,5%
	06/11/2012	6,1%	4,5%	3,3%	4,2%	2,2%	4,1%
	07/11/2012	4,2%	3,6%	3,1%	3,7%	1,8%	3,3%
Hiver	01/02/2013	5,2%	6,5%	4,4%	7,4%	3,6%	5,4%
	02/02/2013	6,0%	6,4%	4,1%	5,5%	2,1%	4,8%
	03/02/2013	5,7%	7,3%	4,2%	4,8%	2,0%	4,8%
	04/02/2013	5,7%	6,8%	3,8%	5,2%	1,9%	4,7%
	05/02/2013	4,6%	7,4%	4,1%	5,8%	2,3%	4,8%
	06/02/2013	5,3%	6,0%	3,3%	5,1%	1,9%	4,3%
	07/02/2013	6,1%	5,0%	3,2%	5,1%	1,9%	4,3%
Printemps	20/03/2013	12,6%	11,2%	6,8%	9,9%	6,3%	9,3%
	21/03/2013	10,2%	8,3%	7,1%	7,4%	3,2%	7,3%
	22/03/2013	8,4%	9,9%	7,6%	5,3%	2,1%	6,6%
	23/03/2013	8,0%	9,2%	7,7%	5,1%	1,7%	6,3%
	24/03/2013	8,0%	9,8%	9,0%	7,5%	1,8%	7,2%
	25/03/2013	11,0%	12,5%	11,7%	8,3%	2,4%	9,2%
	26/03/2013	12,3%	15,5%	13,8%	8,0%	2,5%	10,4%

Code couleur (à titre indicatif) :	
De 0 à 5 %	
De 5 à 10 %	
De 10 à 15 %	
De 15 à 20 %	

Le coefficient utilisé est le rapport d'intensité lumineuse dans la colonne d'eau, par rapport aux valeurs à terre. Cette valeur correspond au coefficient de luminosité dans l'eau, c'est-à-dire le pourcentage de la lumière de surface qui est encore présente à la profondeur du luxmètre (CREOCEAN 2008). Ce rapport est forcément d'autant plus faible que la turbidité est importante.

La station nous intéressant dans ce cas est celle ayant le coefficient de luminosité le plus faible (Aresquiers fond), majoritairement inférieur au égal à 5% de la luminosité extérieur. Si on fait le total, sur 136 jours d'expérimentation, l'herbier est en présence d'un rapport de luminosité inférieur à 5% pendant 99 jours. La tolérance des herbiers de posidonies à supporter de faibles niveaux d'éclairement dépend de leur valeur d'éclairement minimum. La bibliographie existante indique des seuils critiques variant de 8 à 16 % de la lumière incidente (Ruiz et Romero, 2001 ; Erftemeijer et Lewis, 2006). Dans ce cas, ce coefficient de luminosité critique est régulièrement dépassé et montre que l'acquisition de connaissances supplémentaires sur l'herbier du Languedoc-Roussillon est essentielle pour mieux comprendre ces adaptations au milieu du Languedoc-Roussillon.

V. DISCUSSION SUR LA DYNAMIQUE DE L'HERBIER DE 2011 à 2013

Les résultats obtenus en 2011 et en 2013 sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Confrontation des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonie en 2011 et 2013.

		SETE		ARESQUIERS		PALAVAS	
		2011	2013	2011	2013	2011	2013
Profondeur moyenne (m)		8,6	8,6	8,4	8,4	9,1	9,1
Densité foliaire (nb faisceaux /m2)	Moyenne	287	352	319	362	340	333
	Min	175	225	200	300	275	100
	Max	400	475	425	475	425	450
% rhizomes plagiotropes		0	1	10	5	5	5
Taux de consommation		32	38	22	23	56	45
Longueur (cm) F1	Moyenne	45,5	44,6	36,4	33,2	40,4	24,3
	Min	30	30	14	20	21	16
	Max	68	61	57	52	50	40
Longueur (cm) F2	Moyenne	41,9	37,8	30,6	29,3	35,7	19,3
	Min	26	23	13,5	14	16	14
	Max	65	57	43	48	47	30
Taux de recouvrement		59	52	56	56,5	47	43,7
Nb feuilles/faisceaux	Moyenne		8,7		8,7		6,9
	Min		6		5		3
	Max		16		14		10
Longueur moyenne des faisceaux (Lg)	Moyenne		32,4		33,8		18
	Min		14		25		12
	Max		48		44		26
Déchaussement (cm)		0	0	0	0,3	0	0

Densité foliaire :

La **densité foliaire est du même ordre de grandeur de 2011 à 2013**, avec une légère augmentation sur la station Posidonie 1-Digue Port de Sète, et station Posidonie 2 – Aresquiers. En 2011 nous avons observé un gradient de densité croissant de l'Ouest vers l'Est, qui n'est plus observé en 2013, avec 3 valeurs de densité foliaire extrêmement proche de 352, 362 et 333 faisceaux / m².

Cependant ces valeurs de densité foliaire sont considérées comme des valeurs de densité subnormale inférieure selon la classification établie par Pergent et Martini (1995). A notre sens, cette étude confirme l'hypothèse émise en 2011 d'être en présence d'herbier en bon état de vitalité adaptés aux conditions particulières du Languedoc-Roussillon, et que **cette densité**

foliaire de l'ordre de 350 faisceaux/ m² est une densité normale pour une zone de cœur d'herbier en Languedoc-Roussillon dans une profondeur avoisinant 8-9m.

Indice d'expansion de l'herbier :

Les indices d'expansion de l'herbier, sont faibles sur les trois stations : de 0 à 10%, et n'ont pas significativement évolués de 2011 à 2013.

La station Posidonie 1 semble être la plus stable avec un indice d'expansion de 0% puis 1% en 2011 et 2013 respectivement.

Ces valeurs inférieure ou égale à 10% sont faible dans la classification où un **indice d'expansion inférieure à 30% témoigne d'un herbier stable** (Charbonnel et.al. 2000b). De plus, cela confirme un ancrage efficace de l'herbier par des rhizomes orthotropes.

Longueurs des feuilles F1-F2

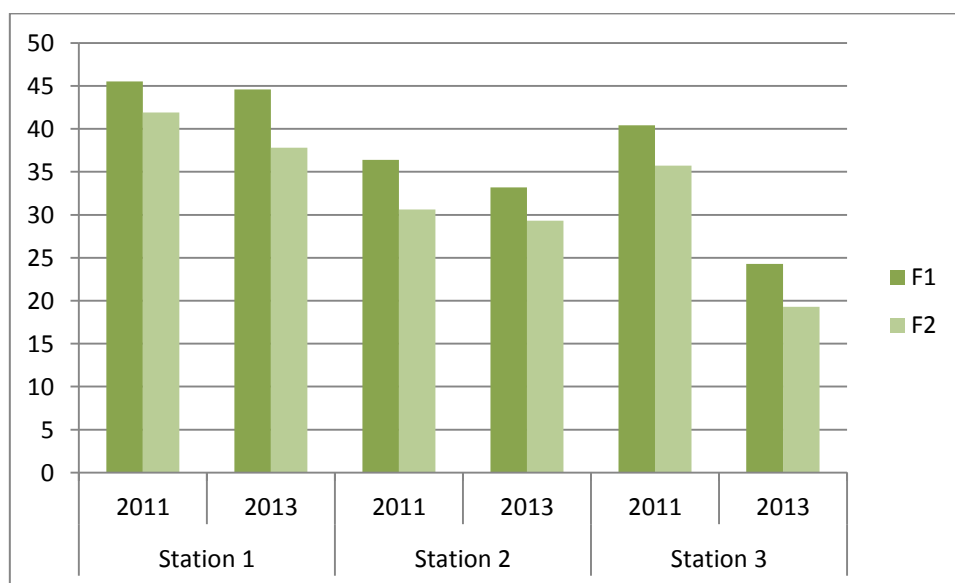


Figure 30 : Evolution des longueurs des feuilles de posidonie F1 et F2 de 2011 à 2013.

Comme nous l'avons observé en 2011, les plus longues premières feuilles F1 sont rencontrées sur la station Posidonie 1 – Digue Port de Sète, qui conserve ce caractère en 2013.

On observe que de 2011 à 2013, les mesures moyennes des feuilles F1 et F2 ont diminué pour les trois stations, non uniformément comme en témoigne la chute observée sur la station Posidonie 3 – Palavas Ouest.

L'analyse comparée de cette baisse sur l'ensemble des stations permet de conclure que cela est dû à un évènement limitant la pousse des feuilles qui a touché les trois stations, qui pourrait être l'arrivée particulièrement tardive du printemps en 2013. Au niveau sous-marin, cela se traduit par une

turbidité très importante de septembre à fin-mars (cf.tableau 5), ainsi qu'une température relativement faible. Ces paramètres, associés à des événements tempétueux importants (houle de 5m enregistrée au large de Sète fin février 2013), peuvent expliquer les variations de l'herbier, comme la hauteur des feuilles F1 et F2.

Un suivi précis des conditions météorologiques est à envisager pour conclure sur l'évolution morphologique de l'herbier.

Cette baisse de mesures de feuilles F1 et F2 aurait pût être mis au regard d'une prédation plus importante par les herbivores, mais les données de consommation de l'herbier par les herbivores ne permettent pas cette analyse.

Taux de consommation par les herbivores :

Le taux de consommation par les herbivores ne varie pas significativement de 2011 à 2013 sur les trois stations. La station Posidonie 3 reste la plus sujette à la prédation avec un taux avoisinant les 50% de consommation, à l'inverse de la station Posidonie dont les feuilles sont consommées à 23% en moyenne.

Taux de recouvrement :

Les taux de recouvrement sur les trois stations n'ont pas variés de manière significative, cependant on observe **une légère tendance à la baisse du recouvrement de l'herbier sur les stations Posidonie 1 et Posidonie 3, de l'ordre de 6-7%**. Cette observation nécessite de futur suivi, d'autant plus que le taux de recouvrement observé sur la station Posidonie 2 est stable, autour de 56%.

Ainsi, on observe une **stabilité globale de l'état de vitalité de l'herbier sur les trois stations suivies en cœur d'herbier, au vu des paramètres de vitalité suivis de 2011 à 2013.**

VI. CONCLUSION

L'étude de la vitalité de l'herbier deux ans après l'état initial nous conforte dans nos observations réalisées en 2011 : les herbiers du Languedoc-Roussillon présente des caractéristiques morphologiques traduisant leur résistance face aux conditions rigoureuses du Golfe du Lion. Ainsi, ils sont de faible densité, les feuilles sont de faibles longueurs, les rhizomes sont principalement orthotropes, et l'herbier est ancré solidement sur le plateau rocheux. Cette organisation particulière de type défensive face aux forces en mer, ne nous semble pas être à traduire comme une régression de l'herbier, mais comme une adaptation aux conditions du Languedoc-Roussillon.

Ainsi, **les trois stations étudiées dans le cadre de cette étude sont en bon état de conservation**, au vu des paramètres de vitalité relevés et sur un pas de temps de 2 ans.

De plus, leur position en cœur d'herbier peut permettre de les étudier plus dans le détail lors des suivis futurs, afin d'établir une classification de vitalité appropriée aux spécificités des herbiers du Languedoc-Roussillon.

BIBLIOGRAPHIE

BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONNEL E., DIVIACCO G., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., RUITTON S., TUNESI L. 2006 RAMOGE pub. : 1-202- Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*.

BOUDOURESQUE C.F., GIRAUD G., PANAYOTIDIS P., 1980a. Végétation marine de l'île de Port-Cros. XIX. Mise en place d'un transect permanent. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 6: 207-221.

BLOUET S., LENFANT P., DUPUY DE LA GRANDRIVE R., LAFFON J-F, CHÉRÉ 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., LEFÈVRE J.R., 1985b. Cartographie des peuplements benthiques marins de Corse. I. La formation récifale à *Posidonia oceanica* de Saint-Florent. *Ann. Inst. océanogr.*, 61(1): 27-38.

BOUDOURESQUE C.F., BALLESTEROS E., BEN MAIZ N., BOISSET F., BOULADIER E., CINELLI F., CIRIK S., CORMACI M., JEUDY DE GRISSAC A., LABOREL J., LANFRANCO E., LUNDBERG B., MAYHOUB H., MEINESZ A., PANAYOTIDIS P., SEMROUD R., SINNASSAMY J.M., SPAN A., VUIGNIER G., 1990. MAP Technical Reports Series N°43, UNEP, Athens, PNUE, IUCN & GIS Posidonie.

CEGEL 2004, Etude descriptive et comparative des herbiers de Posidonies du Languedoc.

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., 2000b. 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.

CREOCEAN 2008, Suivi environnemental de la luminosité au niveau des herbiers de Posidonies. Synthèse des douze campagnes de suivi. CREOCEAN, juillet 2008

GRAVEZ V., GÉLIN A., CHARBONNEL E., FRANCOUR P., ABELLARD O., EEMONNAY L., 1995. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille). Deuxième phase. Suivi 1995. Ville de Marseille & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 1-56.

HOLON F., DESCAMP P., 2008. *ETUDE ET CARTOGRAPHIE DU MILIEU MARIN DU SITE NATURA - 2000 FR910 1413 « POSIDONIES DE LA COTE PALAVASIENNE », ANDROMÈDE ENVIRONNEMENT - 2008*. Rapport final. Contrat DIREN & Andromède Environnement. *Andromède publ.*, Fr. : 1-107 + annexes.

MOLINIER R., PICARD J., 1954. Eléments de bionomie marine sur les côtes de Tunisie. *Bull. Stat. Océanogr. Salammô* 48: 3-47.

MEINESZ A., LAURENT R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes. Campagne Poséïdon 1976. *Bot. mar.* 21(8): 513-526.

PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., 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* 54: 3-29.



SOFIANOS A., CLAISSE N., MARTIGNAC F., L. THIEULLE, 2013. Suivi du milieu naturel dans le cadre de l'opération de protection et aménagement du lido de Sète et Frontignan. Campagnes été-automne-hiver printemps 2012-2013. Rapport d'études, ASCONIT CONSULTANTS. 219p

VOILE DE NEPTUNE 2011. Suivi à titre expérimental et complémentaire de l'herbier de Posidonie, site Natura 2000 en mer FR 910413 Posidonies de la côte Palavasienne, 47p.