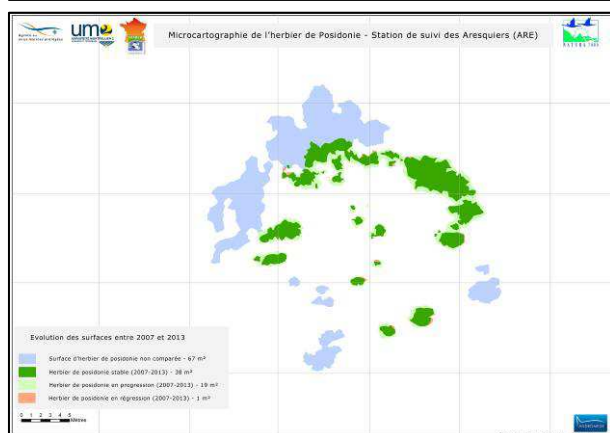


Site Natura 2000 FR 9101413 « Posidonies de la côte Palavasienne »

SURVEILLANCE DE L'HERBIER DE POSIDONIE – Année 2013
EVOLUTION DE L'HERBIER DE POSIDONIE ENTRE 2007 ET 2013



ANDROMEDE
OCEANOLOGIE

7, place Cassan / Quai des pêcheurs
34 280 Carnon - France
Tel. : 04 67 66 32 48 - contact@andromede-ocean.com
www.andromede-ocean.com

Rapport final - Novembre 2013

SURVEILLANCE DE L'HERBIER DE POSIDONIE – Année 2013
EVOLUTION DE L'HERBIER DE POSIDONIE ENTRE 2007 ET 2013

Rapport Final

Site Natura 2000 FR 9101413 « Posidonies de la côte Palavasienne »

Maître d'ouvrage :

Agence des Aires Marines Protégées
16 quai de la Douane BP 42932
29229 Brest Cedex 2

Coordination :

Marion CORRE, Chargée de mission coordinatrice du site Natura 2000
Tiphaine RIVIERE, Chargée de mission à l'Agence des Aires Marines Protégées

Maître d'œuvre :

ANDROMEDE OCEANOLOGIE
7 Place Cassan
34 280 Carnon, France
Tél : 04. 67. 66. 32. 48
<http://www.andromede-ocean.com/>
E-mail : contact@andromede-ocean.com

Participants mission terrain :

Andromède Océanologie: BALLESTA Laurent, DELARUELLE Gwénaëlle, DESCAMP Pierre, GUILBERT Antonin.
AAMP: DANIEL Boris, PIBOT Alain

Traitement des données et rédaction :

DELARUELLE Gwénaëlle, HOLON Florian

SIG :

DELARUELLE Gwénaëlle

Crédit photographique :

BALLESTA Laurent, DELARUELLE Gwénaëlle, GUILBERT Antonin, HOLON Florian.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

DELARUELLE G., HOLON F., 2013. Surveillance de l'herbier de posidonie – Année 2013. Evolution de l'herbier de Posidonie entre 2007 et 2013 sur le site Natura 2000 FR 9101413 « Posidonies de la côte Palavasienne ». Rapport Final. 46p.

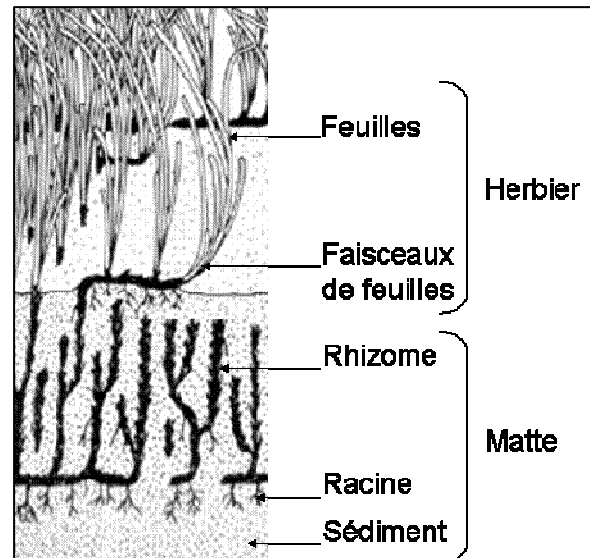
SOMMAIRE

I. INTRODUCTION.....	1
II. MATERIEL ET METHODES	3
II.1. Localisation des sites du suivi de l'herbier de Posidonie	3
II.2. Description générale de l'herbier et des fonds environnants	4
II.2.1. Description générale de l'herbier et de la nature du substrat.....	4
II.2.2. Identification des impacts naturels et anthropiques sur l'herbier	4
II.2.3. Faune et flore associées.....	5
II.3. Analyse de la vitalité de la plante.....	6
II.3.1. Mesure de la densité de l'herbier.....	6
II.3.2. Mesure du déchaussement des rhizomes.....	8
II.3.3. Mesure du recouvrement de l'herbier.....	9
II.3.4. Longueur des feuilles.....	9
II.4. Microcartographie de l'herbier à posidonie par télémétrie acoustique	10
II.4.1. La télémétrie acoustique	10
II.4.2. Repérage des microcartographies.....	11
II.4.3. Balisage par télémétrie acoustique	11
II.4.4. Balisage des limites d'herbiers	12
II.4.5. Précision du système (données constructeur)	12
II.4.6. Contraintes de mise en œuvre	13
II.4.7. Exploitation des données	14
III. RESULTATS ET DISCUSSION	15
III.1. Herbier de posidonie - Palavas Est	15
III.1.1. Description de l'herbier.....	15
III.1.2. Vitalité de la plante.....	16
III.1.3. Dynamique évolutive de l'herbier à posidonie	18
III.2. Herbier de posidonie - Aresquiers	22
III.2.1. Description de l'herbier.....	22
III.2.2. Vitalité de la plante.....	22
III.2.3. Dynamique évolutive de l'herbier à posidonie	24
III.3. Herbier de posidonie – Roc St Martin	29
III.3.1. Description de l'herbier.....	29
III.3.2. Vitalité de la plante.....	30
III.3.3. Dynamique évolutive de l'herbier à posidonie	31
III.3.4. Facteurs de régression	32
III.4. Site TEMPO	38
IV. SYNTHESE.....	38
V. BIBLIOGRAPHIE	41

I. INTRODUCTION

La Posidonie, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, est une phanérogame endémique de la mer Méditerranée qui peut constituer de véritables prairies sous marines. Cette plante angiosperme est constituée de faisceaux de feuilles, de racines et de rhizomes, qui sont des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment.

Figure 1: Représentation schématique d'un herbier de posidonie et de sa matte. Modifié d'après Boudouresque et Meinesz (1982)



On nomme « matte » l'ensemble constitué par les rhizomes, les écailles (gainés des feuilles caduques), les racines et par le sédiment qui remplit les interstices. Exceptées les feuilles, les parties mortes de la plante sont peu putrescibles, ce qui explique leur longue conservation (plusieurs siècles ou millénaires) à l'intérieur de la matte (Boudouresque *et al.*, 2006). La matte sert d'ancrage à l'herbier mais joue également un rôle important dans la stabilisation des fonds.

Les herbiers à *Posidonia oceanica* occupent une surface restreinte (1 et 2 % des fonds de la Méditerranée soit 3.5 à 3.7 millions d'hectares (Rico-Raimondino, 1995 ; Pasqualini, 1997)) mais constituent la biocénose la plus complexe de Méditerranée (Molinier et Picard, 1952 ; Pérès et Picard, 1964 ; Boudouresque et Meinesz, 1982) et sont à la base de la richesse de ses eaux littorales (Molinier et Picard, 1952 ; Cinelli *et al.*, 1974 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). Leur rôle écologique est majeur : production primaire benthique, production d'oxygène (Drew et Jupp, 1976 ; Caye, 1980 ; Bedhomme *et al.*, 1983 ; Libes *et al.*, 1983 ; Bay, 1978 ; Giorgi et Thelin, 1983), transparence des eaux par le piégeage des particules en suspension (Blanc et Jeudy De Grissac, 1984), base de nombreuses chaînes alimentaires (Vélimirov, 1984), lieu de frayère, nurserie, abris vis-à-vis des prédateurs ou habitat permanent pour des milliers d'espèces animales et végétales (Boudouresque *et al.*, 2006). La matte héberge une faune particulièrement riche et variée (Wilsie, 1987). Par son action au niveau des équilibres littoraux la matte souterraine stabilise les fonds meubles en agissant comme un piège à sédiments (Molinier et Picard, 1952), atténuant ainsi l'effet érosif des courants et des vagues sur les littoraux sableux (Blanc et Jeudy De Grissac, 1984 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985 ; Gambi *et al.*, 1989).

L'herbier de Posidonie est considéré comme un écosystème pivot du littoral méditerranéen (Boudouresque et Meinesz, 1982) abritant de nombreuses espèces à divers stades de développement. Elle est sensible aux variations de luminosité (turbidité, niveau de l'eau), craint la dessalure, les températures extrêmes (hautes comme basses) ainsi qu'un hydrodynamisme trop

intense. Son importance et ses exigences écologiques en font une espèce bio-indicatrice couramment utilisée pour le suivi de la qualité de l'eau.

Malheureusement, dans de nombreux secteurs du littoral méditerranéen, les herbiers de Posidonie connaissent de fortes régressions. Les facteurs d'impact avancés sont divers : aménagements côtiers (emprises directes, modifications de l'hydrodynamisme et de la sédimentation), pollutions (hydrocarbures, pesticides, métaux lourds, matière organique, matières en suspension, macro déchets), ancrages, etc. (Boudouresque *et al.*, 2009). Pour l'ensemble de ces raisons, en France, la Posidonie est une espèce protégée depuis 1976 (loi sur la protection de la nature, arrêté du 19.07.1988). Les herbiers de Posidonie sont également préservés par le décret du 20.09.89 et sont identifiés au niveau européen comme des « habitats prioritaires » dans la liste des « habitats naturels d'intérêt communautaire » de l'annexe I de la Directive Habitat (Directive 92/43, CEE).

La présente étude correspond à une des actions réalisées dans le cadre du DOCOB du site Natura 2000 FR 9101413 « Posidonies de la côte Palavasienne ». Elle consiste en la microcartographie de 3 points de suivi d'herbier de Posidonie.

Les objectifs de ce rapport sont de présenter et d'interpréter le suivi des trois zones en 2013, et de comparer les résultats obtenus avec ceux des précédentes études réalisées en 2007 et 2011.

L'emplacement des trois points de suivi (Tab. 1) mis en place en 2007 est présenté sur la carte ci dessous.

Lieu	Contexte	Type	Profondeur	Latitude	Longitude
Roc Saint Martin (ROC)	Zone de référence	Limite inférieure	8,5 m	43°25'026 N	3°46'007 E
Les Aresquiers (ARE)	Zone de référence	Limite inférieure	7 m	43°26'234 N	3°48'640 E
Palavas Est (PALE)	Zone de référence	Limite inférieure	10 m	43°32'111 N	4°01'477 E



II.2. DESCRIPTION GENERALE DE L'HERBIER ET DES FONDS ENVIRONNANTS

II.2.1. DESCRIPTION GENERALE DE L'HERBIER ET DE LA NATURE DU SUBSTRAT

(i) Type et état de la limite de l'herbier : progressive, franche, érosive, régressive.

En cas de limite régressive, l'étendue de matte morte située en aval de la limite actuelle d'herbier est mesurée (mesure linéaire et profondeur).

(ii) Morphologie générale de l'herbier.

Différentes structures d'herbier peuvent être rencontrées, selon les caractéristiques du milieu, notamment de l'hydrodynamisme : herbier continu, herbier discontinu en mosaïque (alternance d'herbier et de matte morte, dans ce cas, la proportion de matte morte est estimée), herbier de plaine (herbier sub-horizontal, sans relief particulier), herbier de colline, herbier ondoyant, etc.

(iii) Structures érosives : en cas de présence de structures érosives (tombants de matte, intermatte de sable ou de matte, chenaux, marmites, etc.), celles-ci sont décrites et leurs orientation et dimension sont notées.

(iv) Nature du fond: matte morte, présence de ripple-marks (indication de l'hydrodynamisme), sable coquillier, sable grossier, sable fin, sable vaseux.

(v) Caractérisation de la matte : mesure du déchaussement des rhizomes plagiotropes et orthotropes.

II.2.2. IDENTIFICATION DES IMPACTS NATURELS ET ANTHROPIQUES SUR L'HERBIER

Le choix des paramètres de perturbations relevés suit les préconisations du document de mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 du Languedoc-Roussillon (Blouet *et al.* 2011) et le guide méthodologique d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins Natura 2000 (Lepareur 2011). Ces informations sont obtenues sur la base d'analyse bibliographique, de photographies aériennes et complétées par des observations sur le terrain.

1. Les perturbations physiques

***Artificialisation du milieu.** La présence ou absence de structures artificialisées (endiguements, enrochements, bétonnages, épis, canalisations, passages de câbles, installations portuaires, etc.) est notée sur la base d'analyses bibliographiques, de photographies aériennes et d'observations sur le terrain (Figure 7).

***Action anthropique sur les mattes.** Observation et recensement des blocs de matte arrachés, des traces et sillons dus à l'action des chaluts et des ancres, des trous, etc. Il s'agit de déterminer leur nombre sur le site et le pourcentage de surface détruite.

2. Les perturbations biologiques

L'éventuelle superficie couverte par les caulerpes invasives (algues vertes) et les algues rouges est estimée. Sur le site Natura 2000 de la côte palavasioise ces espèces sont absentes, une veille est cependant nécessaire.

3. Les pollutions et nuisances

Les diverses sources de pollution observées (sur photographies aériennes et *in situ* par les plongeurs) à proximité des sites sont notées :

***Sources potentielles de nuisance proches.** Les cours d'eau et leur exutoire, émissaires d'ouvrages épuratoires, ports, enrochements, rejets de dragages, etc. sont identifiés

*Epaisseur, couleur, odeur de la **couche oxydée pour les sédiments vaseux**

***Macrodéchets**, filets et autres engins de pêche, mouillages perdus, corps morts sont évalués en volume et pour leur dangerosité.

***Traces d'hydrocarbures** le cas échéant

II.2.3. FAUNE ET FLORE ASSOCIEES

Une attention particulière est portée aux principales espèces accompagnatrices de l'herbier où pouvant être rencontrées au voisinage des sites étudiés : espèces protégées en France (ex. la grande nacre *Pinna nobilis*), menacées, d'intérêt patrimonial ; aux espèces de poissons et d'échinodermes présentant un intérêt commercial pour la pêche ; aux espèces bio-indicatrices (ex. organismes filtreurs et suspensivores, dont l'abondance peut traduire la richesse en MES du milieu).

II.3. ANALYSE DE LA VITALITE DE LA PLANTE

L'analyse de la vitalité de l'herbier prend compte de plusieurs indices : la densité foliaire, le pourcentage de rhizomes plagiotropes, la longueur des deux plus grandes feuilles par faisceau, le taux de recouvrement de l'herbier et le taux de consommation par les herbivores.

II.3.1. MESURE DE LA DENSITE DE L'HERBIER

La densité des faisceaux (nombre de faisceaux de feuilles vivantes par m²) est calculée dans 30 quadrats de 20 x 20 cm en limite inférieure (Pergent-Martini et Pergent 1996, Charbonnel et al 2000a, b). Ces quadrats sont jetés au hasard d'une hauteur de 1,5 m sans éviter les tâches de sable (sauf si elles sont très étendues).



Figure 2 : Quadrat de comptage (20 x 20 cm) et plongeur en cours de comptage pour l'estimation de la densité de faisceaux de posidonie

La densité varie en fonction de la profondeur et des conditions du milieu (lumière, type de substrat où l'herbier est implanté). Du fait de l'intensité lumineuse élevée près de la surface, un herbier présente des valeurs de densité très élevées dans des secteurs superficiels, alors qu'elles sont beaucoup plus faibles en profondeur (limite inférieure) ou dans des zones présentant une turbidité élevée (Pergent *et al.*, 1995).

Une grille de lecture simplifiée intégrant la profondeur a été proposée (Pergent *et al.*, 2008 ; Pergent-Martini *et al.*, 2010) et classe l'herbier en quatre catégories, selon les valeurs de densité mesurées en fonction de la profondeur : excellent état, bon état, état normal, état médiocre et mauvais état (Tableau suivant).

Tableau 2 : Classification de l'état de l'herbier selon les densités (/ m²) de faisceaux observées et le niveau de profondeur (m) d'après Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010.

Profondeur (m)	Excellent	Bon	Normal	Médiocre	Mauvais
1	> 1133	1133 à 930	930 à 727	727 à 524	< 524
2	> 1067	1067 à 863	863 à 659	659 à 456	< 456
3	> 1005	1005 à 808	808 à 612	612 à 415	< 415
4	> 947	947 à 757	757 à 567	567 à 377	< 377
5	> 892	892 à 709	709 à 526	526 à 343	< 343
6	> 841	841 à 665	665 à 489	489 à 312	< 312
7	> 792	792 à 623	623 à 454	454 à 284	< 284
8	> 746	746 à 584	584 à 421	421 à 259	< 259
9	> 703	703 à 547	547 à 391	391 à 235	< 235
10	> 662	662 à 513	513 à 364	364 à 214	< 214
11	> 624	624 à 481	481 à 338	338 à 195	< 195
12	> 588	588 à 451	451 à 314	314 à 177	< 177
13	> 554	554 à 423	423 à 292	292 à 161	< 161
14	> 522	522 à 397	397 à 272	272 à 147	< 147
15	> 492	492 à 372	372 à 253	253 à 134	< 134
16	> 463	463 à 349	349 à 236	236 à 122	< 122
17	> 436	436 à 328	328 à 219	219 à 111	< 111
18	> 411	411 à 308	308 à 204	204 à 101	< 101
19	> 387	387 à 289	289 à 190	190 à 92	< 92
20	> 365	365 à 271	271 à 177	177 à 83	< 83
21	> 344	344 à 255	255 à 165	165 à 76	< 76
22	> 324	324 à 239	239 à 154	154 à 69	< 69
23	> 305	305 à 224	224 à 144	144 à 63	< 63
24	> 288	288 à 211	211 à 134	134 à 57	< 57
25	> 271	271 à 198	198 à 125	125 à 52	< 52
26	> 255	255 à 186	186 à 117	117 à 47	< 47
27	> 240	240 à 175	175 à 109	109 à 43	< 43
28	> 227	227 à 164	164 à 102	102 à 39	< 39
29	> 213	213 à 154	154 à 95	95 à 36	< 36
30	> 201	201 à 145	145 à 89	89 à 32	< 32
31	> 189	189 à 136	136 à 83	83 à 30	< 30
32	> 179	179 à 128	128 à 77	77 à 27	< 27
33	> 168	168 à 120	120 à 72	72 à 24	< 24
34	> 158	158 à 113	113 à 68	68 à 22	< 22
35	> 149	149 à 106	106 à 63	63 à 20	< 20
36	> 141	141 à 100	100 à 59	59 à 18	< 18
37	> 133	133 à 94	94 à 55	55 à 17	< 17
38	> 125	125 à 88	88 à 52	52 à 15	< 15
39	> 118	118 à 83	83 à 48	48 à 14	< 14
40	> 111	111 à 78	78 à 45	45 à 13	< 13

II.3.2. MESURE DU DÉCHAUSSEMENT DES RHIZOMES

Les rhizomes de Posidonie sont caractérisés par une croissance horizontale (rhizomes plagiotropes) et/ou verticale (rhizomes orthotropes). La croissance verticale est à l'origine de l'édification des mattes et permet à la plante de lutter contre l'enfouissement, lié à la sédimentation.

Le déchaussement des rhizomes traduit généralement l'existence d'un déficit sédimentaire de l'herbier. L'observation de ce paramètre permet donc d'apprécier rapidement et assez précisément l'hydrodynamisme d'une zone et les déplacements sédimentaires qui y ont lieu. En outre, un déchaussement important entraîne une fragilisation de l'herbier, ce qui accroît sa vulnérabilité vis à vis des actions de mouillage et de chalutage.

La mesure du déchaussement des rhizomes est réalisée selon les conventions définies par Boudouresque *et al.* (1980) dans Boudouresque *et al.* (2006) :

- Pour les rhizomes plagiotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la partie inférieure des rhizomes ;
- Pour les rhizomes orthotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la base des feuilles, distance à laquelle on soustrait 2 cm.

A chaque station, dix mesures (x3 réplicats) sont effectuées le long de la limite de l'herbier. Une échelle d'évaluation du déchaussement (faible, moyen, important) est proposée, en fonction des valeurs moyennes mesurées le long des balisages (voir figure ci-dessous).

Tableau 3 : Echelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées le long du balisage (d'après le RSP Charbonnel *et al.*, 2000 et Boudouresque *et al.*, 1980).

Déchaussement (valeurs seuils)	Interprétation
Inférieur à 5 cm 5 – 15 cm Supérieur à 15 cm	Déchaussement faible Déchaussement moyen Déchaussement important

II.3.3. MESURE DU RECOUVREMENT DE L'HERBIER

Le recouvrement de l'herbier correspond au pourcentage de couverture du substrat par les feuilles de Posidonies, par rapport aux zones non couvertes (sable, matte morte, roche). Les valeurs de recouvrement varient selon l'état de vitalité de l'herbier. Dans le cas d'un herbier continu, présentant une vitalité élevée, le recouvrement atteint 80 à 100%. Ce recouvrement peut présenter des valeurs beaucoup plus faibles lorsque l'herbier est soumis à des conditions de développement défavorables. Les valeurs diminuent également avec la profondeur (au niveau de la limite inférieure, le recouvrement est généralement compris entre 5 % et 40 %) et avec la proximité de zones perturbées par des aménagements ou des rejets. Le recouvrement varie également de manière naturelle, selon la saison d'observation (du fait de la variation de la longueur des feuilles), ou par exemple, dans des secteurs soumis à un fort hydrodynamisme ou à une hyper-sédimentation.

Une échelle d'évaluation du recouvrement (faible, moyen, fort) est proposée, en fonction des valeurs moyennes mesurées, le long des balisages. Les valeurs seuils considérées par cette échelle sont différentes selon la position de la limite (supérieure ou inférieure), puisque le recouvrement diminue de façon naturelle avec la profondeur.

Tableau 4 Interprétation de la vitalité de l'herbier (tendance à la progression) en fonction des pourcentages moyens mesurés le long des balisages en limite d'herbier (d'après le RSP Charbonnel *et al.*, 2000)

Pourcentage de recouvrement (valeurs seuils)		
Limite supérieure	Limite inférieure	Interprétation
Inférieur à 40%	Inférieur à 20 %	Faible recouvrement
40 % à 80 %	20 % à 50 %	Recouvrement moyen
Supérieur à 80 %	Supérieur à 50 %	Fort recouvrement

Ces valeurs de recouvrement ne pouvant s'appliquer à l'herbier de posidonie en Languedoc Roussillon ils n'ont pas été repris dans cette présente étude. Ils sont ici uniquement en tant que rappel afin d'interpréter les résultats de l'étude de 2007 qui sont repris dans la suite de ce document.

La télémétrie acoustique permet une cartographie précise des tâches de posidonie et donc de calculer la surface de cet herbier sur un quadrat donné. De ces surfaces nous pouvons évaluer le recouvrement de l'herbier sur les différents points de suivi.

II.3.4. LONGUEUR DES FEUILLES

En 2013, un nouveau paramètre a été mesuré dans le cadre du suivi : la longueur des feuilles. La mesure de la première (F1) et de la deuxième (F2) plus longue feuille par faisceaux a été mesurée sur 30 faisceaux sur le site.

II.4. MICRO CARTOGRAPHIE DE L'HERBIER A POSIDONIE PAR TELEMETRIE ACOUSTIQUE

II.4.1. LA TELEMETRIE ACOUSTIQUE

Basée sur un principe d'interférométrie acoustique 3D, la télémétrie acoustique permet le positionnement centimétrique d'objets situés à plusieurs dizaines de mètres d'une antenne immergée à chaque plongée. Le positionnement acoustique est une méthode alternative au balisage classique (type RSP, Charbonnel *et al.*, 2000b). Cette méthode permet de multiplier facilement le nombre de points cartographiés (300 à 900 points suivis au lieu d'une dizaine avec la méthode RSP) tout en évitant la pose de nombreuses balises pouvant endommager l'herbier ou être perdues (Descamp *et al.*, 2005 ; Descamp *et al.*, 2011). De nombreuses limites inférieures d'herbiers ont d'ores et déjà été cartographiées selon cette méthode (Descamp *et al.*, 2007 ; Descamp *et al.*, 2009 ; Deter *et al.*, 2010 ; Descamp *et al.*, 2011). Des suivis temporels ont montré sa capacité à mettre en avant progressions ou régressions locales d'herbiers (Deter *et al.*, 2010, Descamp *et al.*, 2011).

L'appareil utilisé pour ce type de mesure est l'Aquamètre D100 (société PLSM©). A chaque site, un quadrat permanent de plusieurs centaines de mètres carrés est délimité à l'aide de quatre balises ancrées dans le sol. Ces balises permanentes servent au repérage local.



Figure 3 : Plongeur cartographiant la limite inférieure à l'aide de l'aquamètre.

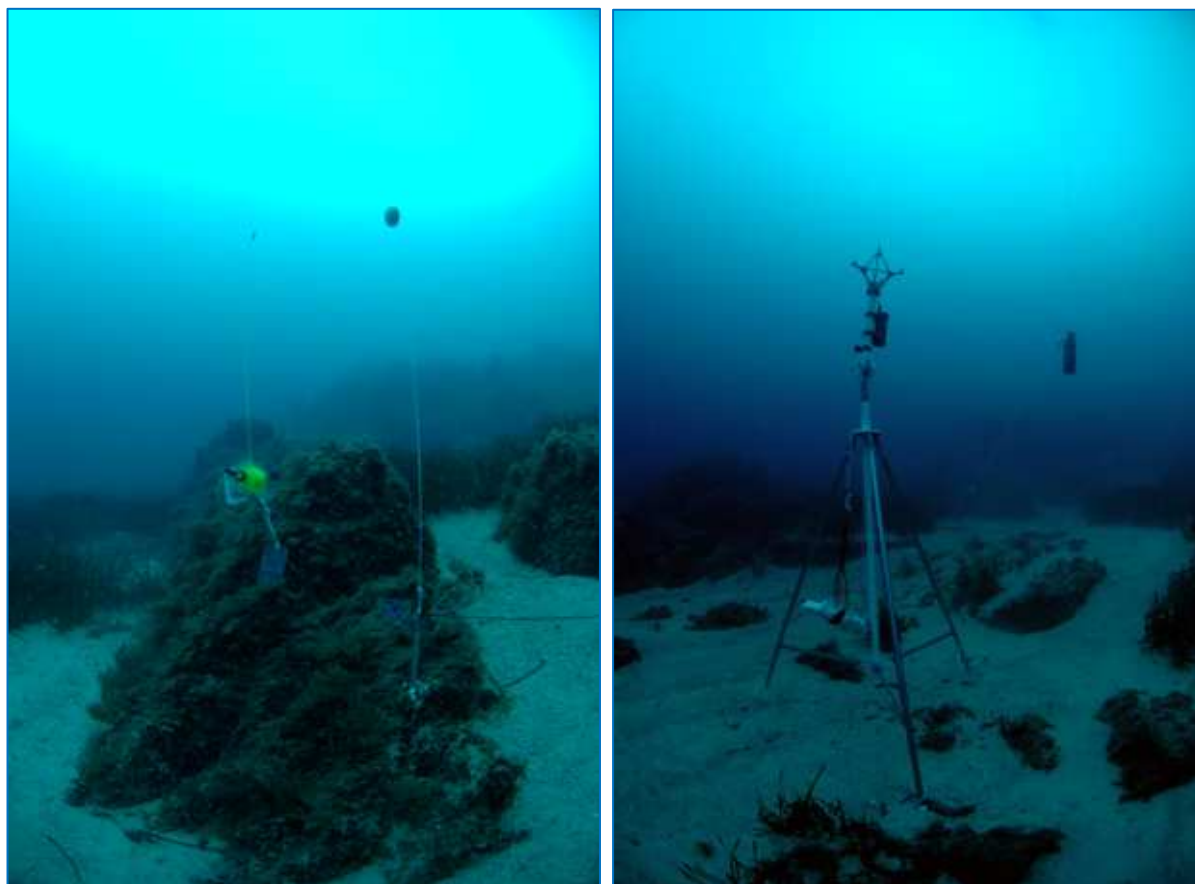
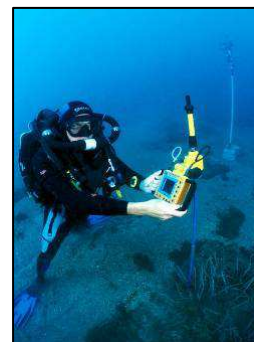


Figure 4 : 1. Balise ancrée dans le sol; 2. Antenne immergée à chaque plongée.

Un pointeur mobile et sa canne standard confèrent à l'ensemble une longueur d'un mètre permettant un dégagement par rapport au fond, afin d'éviter les problèmes de réflexions et/ou masquages des ondes acoustiques. Léger et portable, le pointeur est muni d'un mini clavier et d'un écran à cristaux liquides, permettant au plongeur de pointer les limites de l'herbier à positionner et de les stocker en mémoire (la capacité mémoire du pointeur est supérieure à 1500 points). Le pointeur a la capacité d'effectuer 10 relevés par point pour en faire une moyenne afin d'en augmenter la précision. La base accepte jusqu'à huit pointeurs (soit huit plongeurs) simultanément, permettant ainsi d'augmenter la rapidité des relevés.



La limite inférieure de l'herbier située dans ce quadrat permanent est cartographiée très précisément par télémétrie acoustique avec un minimum d'un point tous les 50 cm. La présence et la position de grandes nacres *Pinna nobilis*, espèce protégée, sont également relevées et cartographiées.

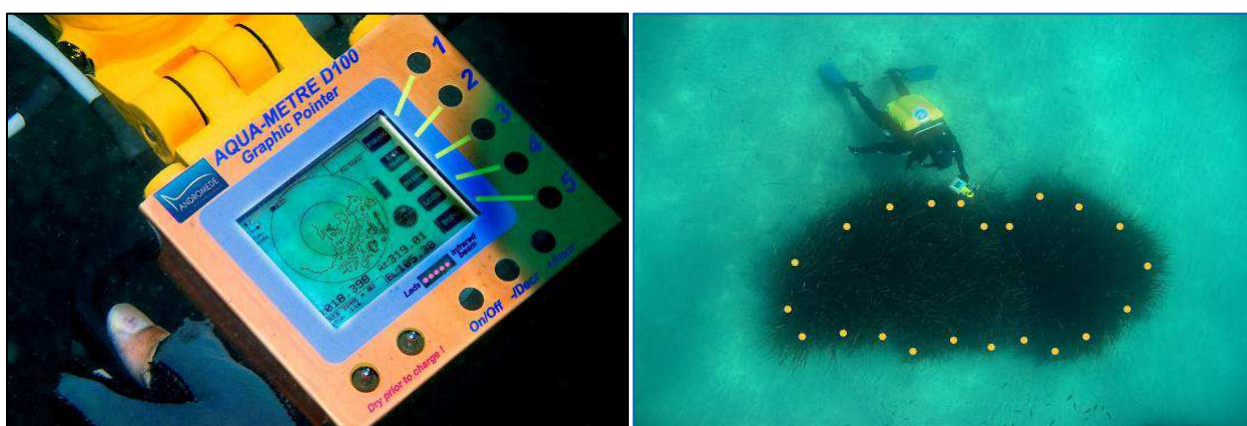


Figure 5 : 1. Mini-clavier et écran à cristaux relié au pointeur de l'aquamètre D100 ; 2. Herbier en tâche en cours de cartographie par un plongeur.

II.4.2. REPERAGE DES MICRO CARTOGRAPHIES

La mise en place de points fixes permet de positionner chaque lever dans le même repère x,y,z. Deux points fixes sont nécessaires dans un rayon de 100 m de la balise. Ils sont normalement constitués de pitons en inox plantés dans la roche affleurante et renforcés par du ciment chimique.

II.4.3. BALISAGE PAR TELEMETRIE ACOUSTIQUE

II.4.3.1. REPERAGE GENERAL DE L'HERBIER

L'étape consiste à évaluer la longueur de la limite inférieure de l'herbier et à localiser le site le plus propice à la mise en place des sites de suivi. Cette étape aide au positionnement de la base et des points remarquables qui seront utilisés pour le positionnement du repère orthonormé local.

MISE EN PLACE DE LA BASE

La base est posée dans ou à proximité de l'herbier, en prenant soin d'éviter les masquages éventuels avec le relief sous-marin conduisant à une absence de dialogue entre le pointeur et la base. La verticalité du mât doit être contrôlée et ne pas excéder cinq degrés par rapport à la verticale ce qui dépasserait la capacité de correction de l'inclinomètre. De même, le mât doit être suffisamment rigide pour limiter d'éventuelles oscillations dues aux courants.

II.4.3.2. MISE EN PLACE ET REPERAGE DES POINTS FIXES

La mise en place de points fixes permet de positionner chaque lever dans le même repère x,y,z. Leur position GPS est relevée approximativement en surface à l'aide d'un parachute de plongée, ou par un couple GPS surface / système de positionnement USBL. Le positionnement GPS ne sert qu'à faciliter le retour sur site au fil des suivis.

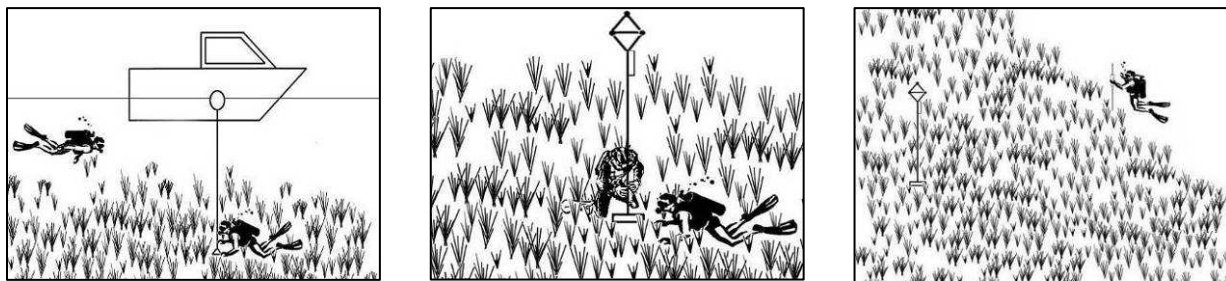


Figure 6 : Différentes étapes du balisage par télémétrie acoustique. Repérage et mise en place de la base et pointage de la limite.

II.4.4. BALISAGE DES LIMITES D'HERBIERS

Le plongeur est équipé du pointeur et se déplace le long de la limite de l'herbier. Il enregistre sa position manuellement en fonction de la précision souhaitée (en général tous les 40 cm). Les données recueillies sont ensuite récupérées sur ordinateur, *via* une interface infra-rouge, et traitées par le logiciel de préparation et d'exploitation des mesures.

II.4.5. PRECISION DU SYSTEME (DONNEES CONSTRUCTEUR)

L'appareil peut porter au delà de 100m (200m sous certaines conditions). La meilleure précision est obtenue dans la zone proche de la base (2 à 20 mètres de la base) car la précision angulaire de 0,1° conduit à une erreur absolue proportionnelle à la distance:

- A dix mètres de la base, la précision de +/- 0,1° conduit à une erreur de +/- 1,7 cm.
- A 100 mètres, l'erreur devient +/- 17 cm.

II.4.6. CONTRAINTES DE MISE EN ŒUVRE

II.4.6.1. PROFONDEUR MINIMUM/MAXIMUM

Le système doit être mis en œuvre dans au minimum 5 m de profondeur, la base sera alors placée à une hauteur de 2,5 m au dessus du fond.

Dans 5 mètres d'eau, la précision peut être dégradée au-delà de 20 à 30 mètres de distance entre le pointeur et la Base. Pour obtenir la précision nominale à 100 mètres (portée nominale du système), il faut opérer dans au moins 20 à 25 mètres de profondeur. Le pointeur est toujours utilisé avec une canne permettant un dégagement d'au moins 1,5 mètre (canne standard) par rapport au sol, afin d'éviter les problèmes de réflexions et/ou masquages des ondes acoustiques. La profondeur maximum opérationnelle du système en version boîtiers plastiques est de 80 m.

II.4.6.2. DEGAGEMENT ACOUSTIQUE

C'est une partie délicate de la mise en œuvre du système. La position de la base doit être choisie au mieux afin d'éviter les masquages éventuels avec le relief sous-marin. Le système nécessite un trajet acoustique direct entre la base et le/les pointeurs. Un masquage partiel ou complet conduit à des erreurs de mesure importantes ou bien même, dans le pire des cas, à un blocage complet des ondes acoustiques conduisant à une absence de dialogue entre la base et le pointeur masqué.

La règle suivante devra être suivie: garantir une hauteur d'au moins 1,5 mètre entre le relief sous-marin et la ligne imaginaire reliant la base à l'hydrophone du pointeur, tel que représenté.

Le D100 ne permet pas la prise de mesure directement au pied de la base ni à moins de 50 cm du centre du cadre qui constituent une zone aveugle.

DEVERS ET STABILITE DE LA BASE

La base doit être installée avec un dévers n'excédant pas 5°, si celui-ci est supérieur, un message « Devers Base » sera alors transmis au(x) pointeur(s) pour signaler l'anomalie. De plus, le mât doit assurer une relative stabilité de la base. Les petites oscillations lentes sont alors compensées par l'inclinomètre deux axes interne à la Base.

II.4.6.3. BRUIT AMBIANT

L'AQUA-METRE D100 utilise les ondes acoustiques hautes fréquences (65 à 75 kHz) pour effectuer ses mesures de distances et angles. Tout système émettant des ondes acoustiques dans la même bande de fréquences doit être éloigné de l'AQUA-METRE lors de l'utilisation, et notamment :

- les échos-sondeurs, surtout si le bateau est situé au dessus de la zone de travail,
- les systèmes de communication acoustique pour plongeurs (certains sont toutefois compatibles avec l'utilisation de l'AQUA-METRE),
- les SONAR s'ils travaillent dans la même bande de fréquence (les SONAR travaillant à 200kHz ne perturbent pas l'AQUA-METRE),
- certains détendeurs (principalement à l'inspiration) perturbent le Pointeur, ce dernier peut alors perdre des messages, le fonctionnement est ralenti mais le système reste opérationnel.

Il est possible de régler le seuil de réception acoustique du Pointeur afin de le désensibiliser vis à vis des bruits spécifiques rencontrés (suceuses de sédiments, motopompes,...).

II.4.7. EXPLOITATION DES DONNEES

Les données recueillies sont récupérées du pointeur sur ordinateur *via* une interface infrarouge, et traitées par le logiciel de préparation et exploitation des mesures Aqualog de PLSM.

Les données sont ensuite importées sous un Système d'Information Géographique (SIG) au format dxf. Chaque type de point relevé (herbier en tâche, faisceau isolé, piquet repère, balise existante) fait l'objet d'une couche spécifique. Le contour des herbiers en tâche ou des limites d'herbiers est réalisé en joignant les points de proche en proche. Le logiciel de SIG permet ensuite de calculer des surfaces et donc de suivre l'évolution de l'herbier en position et en surface.

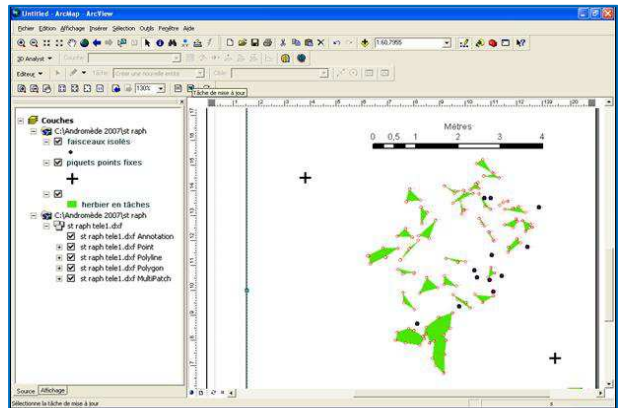
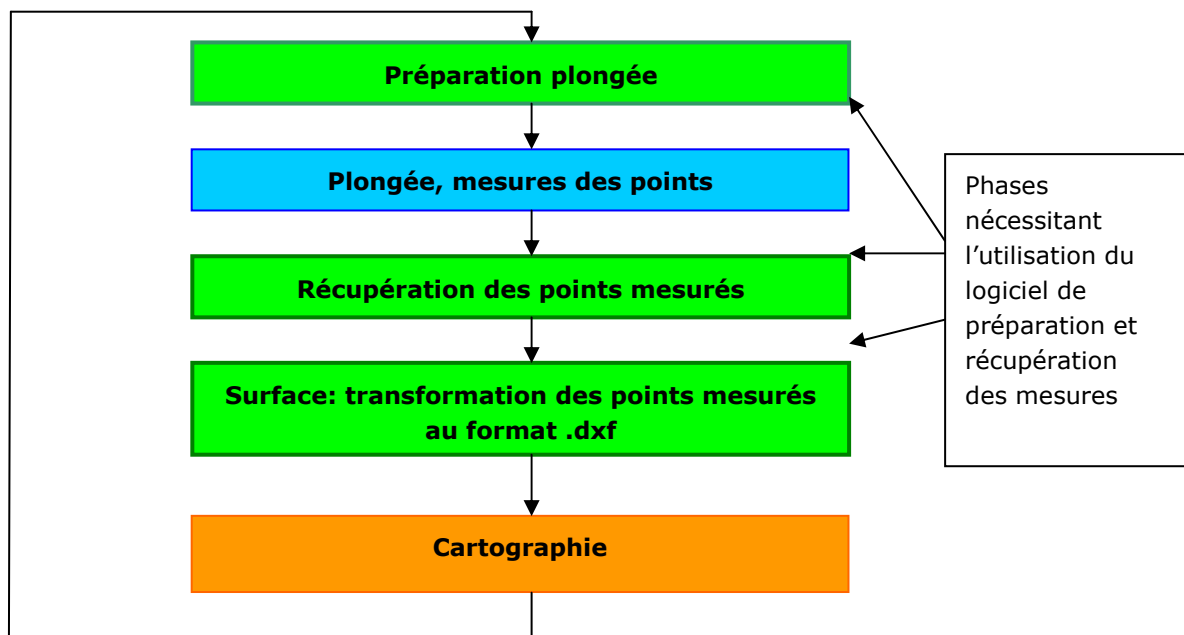


Figure 7 : Exploitation des données sous SIG.



Phases de mise en œuvre du positionneur acoustique sous-marin.

Une analyse comparative avec les précédents suivis réalisés par Andromède Océanologie avec le même matériel que celui proposé pour cette présente étude est réalisée directement sous SIG afin d'évaluer l'évolution de l'herbier à posidonie.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. HERBIER DE POSIDONIE - PALAVAS EST

III.1.1. DESCRIPTION DE L'HERBIER

L'herbier à posidonie du site de « Palavas Est » est situé très à l'Est de la zone d'étude à proximité de la commune de la Grande-Motte et se développe à **-10m de profondeur**. C'est un herbier discontinu sur matre morte avec sable grossier dans les intermattes. Il est morcelé en petites tâches le plus souvent inférieures au m². **La limite de l'herbier présente des signes de régression avec un gradient d'Est en Ouest sur ce site.** Il est bordé vers le Sud Est par un petit banc rocheux.



Figure 8 : [1] Herbier du site de Palavas Est (2013) ; [2] Ponte en amas déposées par plusieurs femelles de murex (*Hexaplex trunculus*) ; [3,4] Site bordé par un petit banc rocheux.

Quatre piquets ont été fixés pour délimiter un quadrat de suivi, 3 dans la roche et 1 dans la matre morte, la distance approximative entre les piquets est de 20 mètres.

Concernant les espèces patrimoniales trois grandes nacres (*Pinna nobilis*), mesurant entre 30 et 40 cm, ont été observées sur ce site en 2013. Elles n'avaient pas été notées lors des précédents suivis. Elles ont été pointées par télémétrie acoustique afin d'en faciliter le suivi. Plusieurs pontes en amas de murex (*Hexaplex trunculus*) sont présentes sur ce site.

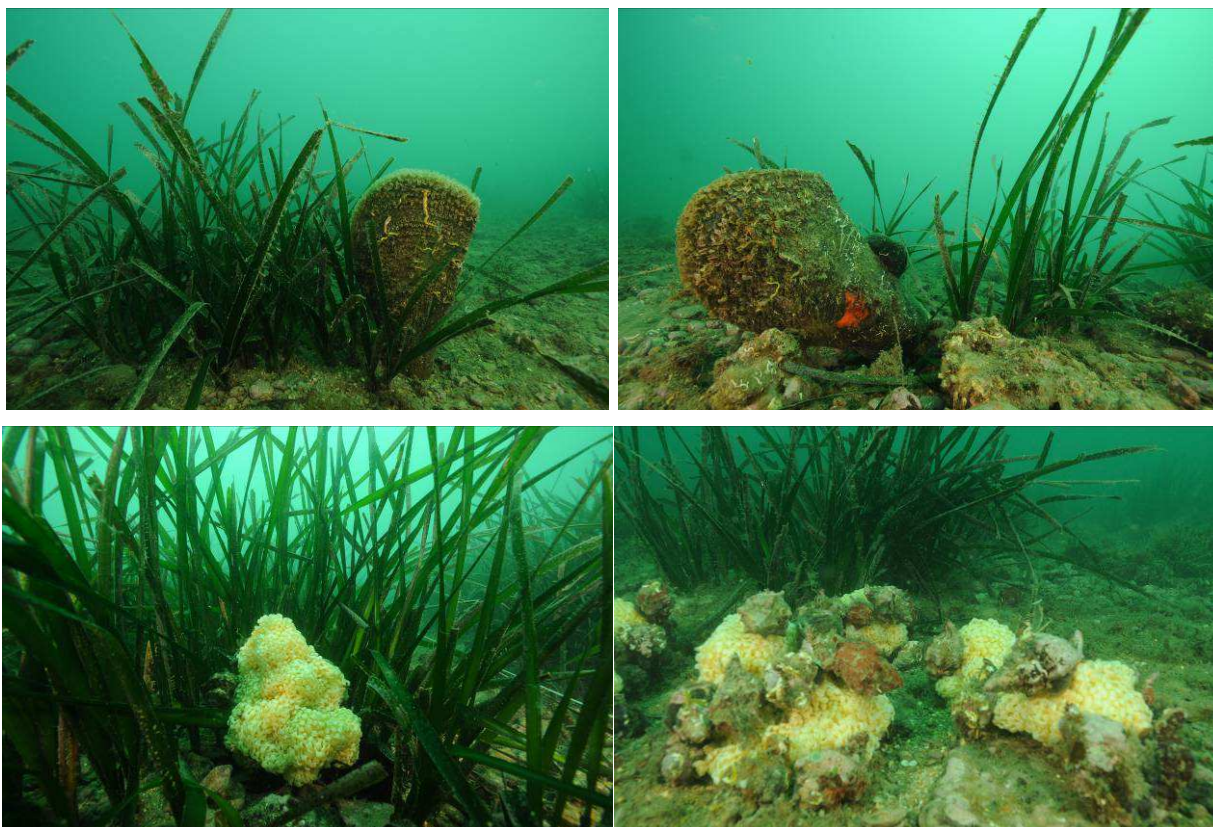


Figure 9 : Site de Palavas Est (2013). [1,2] Grandes nacres *Pinna nobilis* à côté de l'herbier à posidonie ; [3,4] Ponte et murex (*Hexaplex trunculus*).

Les relevés par télémétrie acoustique ont été réalisés en septembre 2007, septembre 2011 et août 2013.

III.1.2. VITALITE DE LA PLANTE

Une sectorisation du site ROC a été réalisée afin d'affiner les zones d'estimation de densité de l'herbier (figure suivante). Cinq secteurs ont été délimités en 2013, similaires à ceux de 2007 et 2011, permettant ainsi une comparaison de l'évolution de la vitalité de l'herbier. Les mesures de densité foliaire sont présentées dans le tableau suivant par secteur et par année.

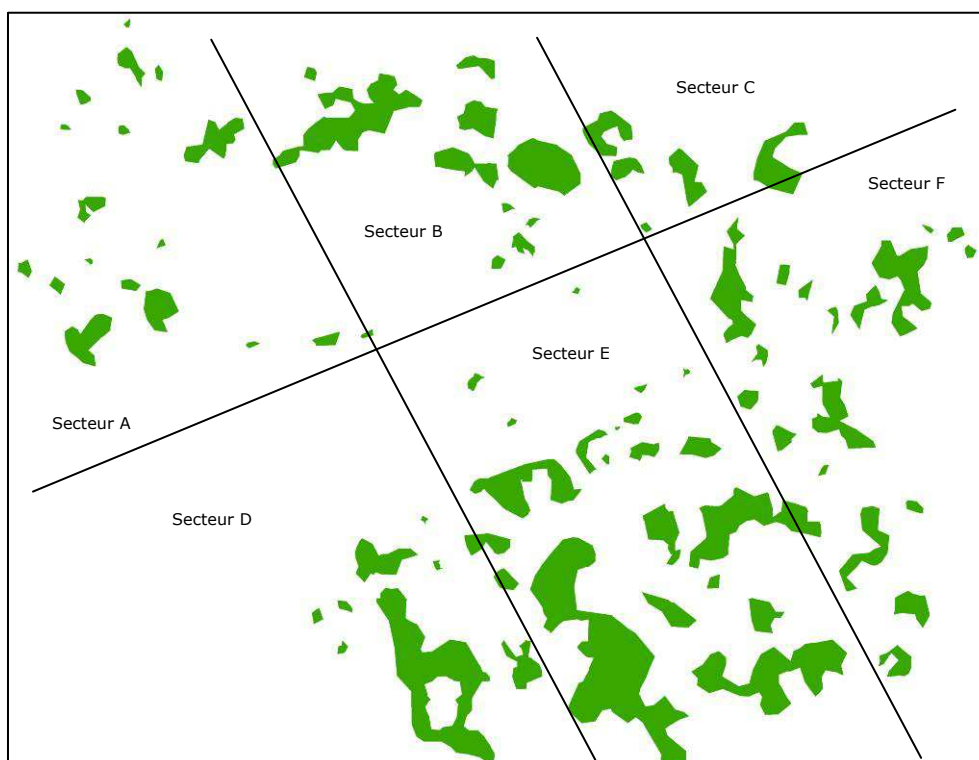


Figure 10 : Sectorisation de la zone cartographiée en 2013.

Tableau 5 : Comparaison des analyses de densité de l'herbier – Site de Palavas Est (DA = densité anormale, DSI = densité sub-normale inférieure, DN = densité normale, DSS = densité sub-normale supérieure (d'après Pergent-Martini, 1994 et Pergent et al., 1995) par secteur et sur l'ensemble du site.

	Secteur A	Secteur B	Secteur C	Secteur D	Secteur E	Secteur F	Site
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2007)	240	240	245	350	280	315	278,3±74,7
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2011)	215	225	190	310	310	280	255±61
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2013)	255	245	262	290	290	275	268±49,1
Prof. Moyenne (mètres) - 2007	10						
Prof. Moyenne (mètres) - 2011	10						
Prof. Moyenne (mètres) - 2013	10						
Catégorie de densité 2007	DSI	DSI	DSI	DN	DSI	DSI	DSI
Catégorie de densité 2011	DA	DA	DA	DSI	DSI	DSI	DSI
Catégorie de densité 2013	DSI	DSI	DSI	DSI	DSI	DSI	DSI

Nous constatons que la densité moyenne sur ce site est sub normale inférieure sur les trois années de suivi, soit une stabilité de la vitalité de l'herbier.

D'après ces valeurs de densité **l'état de l'herbier est jugé médiocre** selon les classifications de Pergent *et al.* (2008) et Pergent-Martini *et al.* (2010) **l'état de l'herbier est jugé médiocre** sur les trois années de suivi.

Entre 2007 et 2013 nous observons un **déchaussement faible** des rhizomes orthotropes. En 2013 le déchaussement moyen est de $1 \pm 0,94$. Aucun rhizome plagiotrope n'a été relevé.

La longueur de la plus grande feuille par faisceau (F1) varie de 30 à 66 cm pour une longueur moyenne de $46,3 \text{ cm} \pm 8,9$. La longueur de la deuxième plus grande feuille sur ce même faisceau (F2) varie de 23 à 61 cm pour une longueur moyenne de $38 \text{ cm} \pm 9,4$. Ce paramètre n'était pas relevé les années précédentes.

III.1.3. DYNAMIQUE EVOLUTIVE DE L'HERBIER A POSIDONIE

La cartographie actuelle et les cartes évolutives (2007-2013 et 2011-2013) sont présentées sur les pages suivantes.

L'analyse de l'évolution des surfaces entre 2007 et 2013 nous indique que pour une surface commune de 314 m^2 on observe :

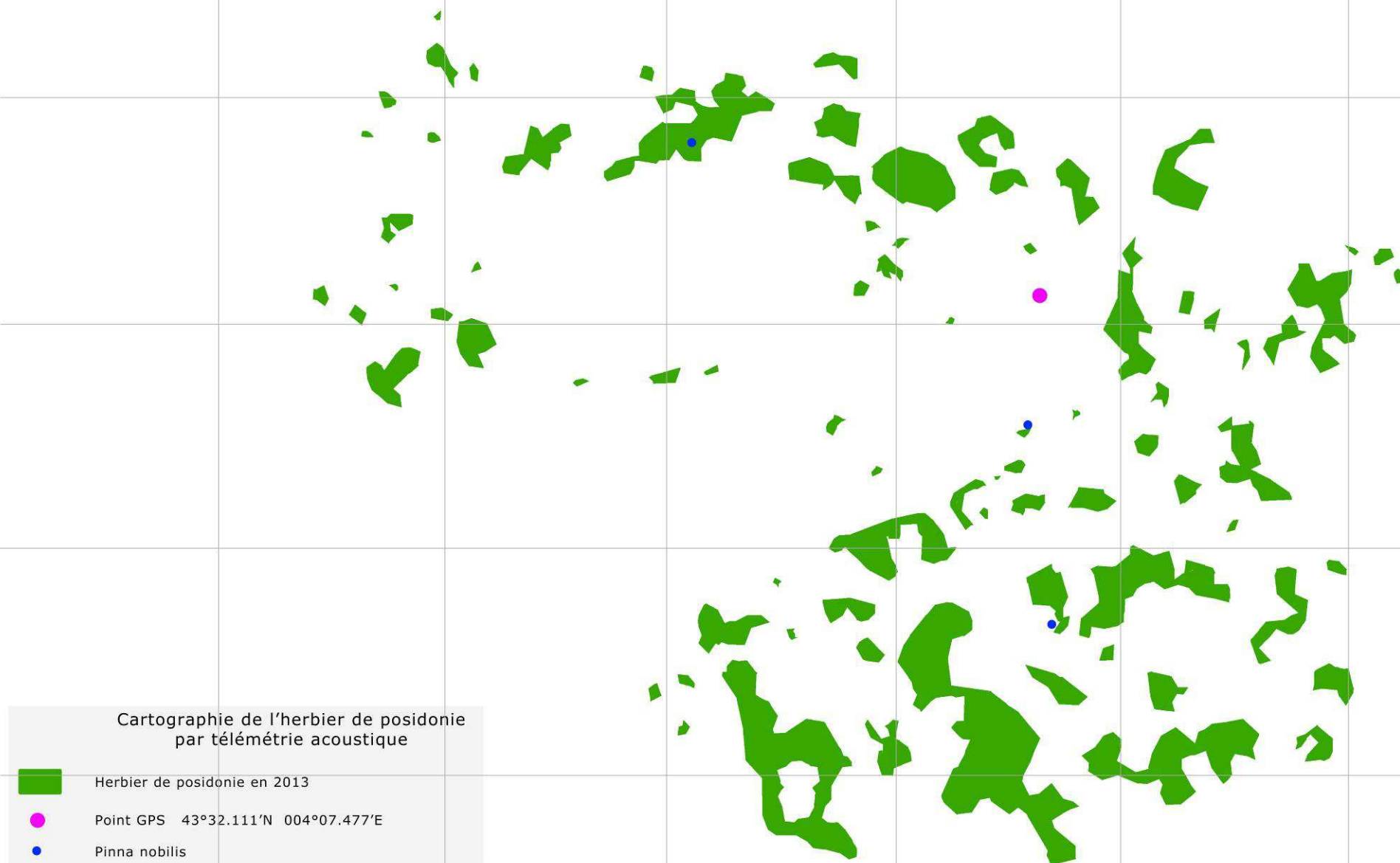
- $23,7 \text{ m}^2$ d'herbier en stabilité ;
- 7 m^2 d'herbier en progression ;
- $10,3 \text{ m}^2$ d'herbier en régression.

L'analyse de l'évolution des surfaces entre 2011 et 2013 nous indique que pour une surface cartographiée de 314 m^2 on observe :

- $28,8 \text{ m}^2$ d'herbier en stabilité ;
- $1,9 \text{ m}^2$ d'herbier en progression ;
- $5,5 \text{ m}^2$ d'herbier en régression.

Année	Surface du quadrat (m^2)	Surface d'herbier cartographiée (m^2)	Pourcentage de recouvrement
2007	314	33,9	10,8
2011	314	34,3	10,9
2013	314	30,7	9,8

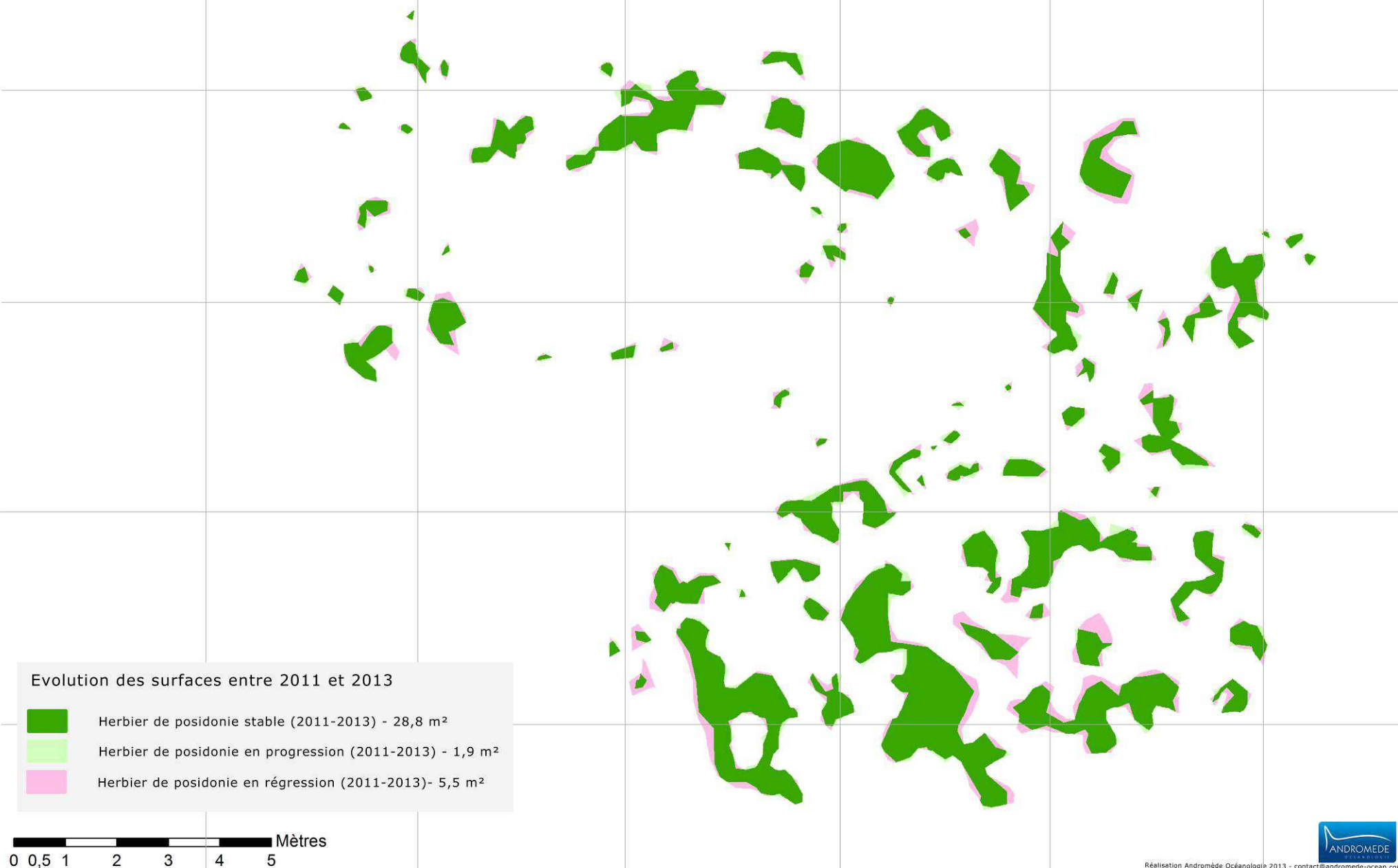
En 2011 nous concluons à une **stabilité de l'herbier** qui a bien été vérifiée à partir de la microcartographie de 2013 sur ce point de suivi.



Evolution des surfaces entre 2007 et 2013

- Herbier de posidonie stable (2007-2013) - 23,7 m²
- Herbier de posidonie en progression (2007-2013) - 7 m²
- Herbier de posidonie en régression (2007-2013)- 10,3 m²

0 0,5 1 2 3 4 5 Mètres



Carte 4 : Dynamique évolutive de l'herbier à posidonie entre 2011 et 2013 sur le site de Palavas Est en 2013.

III.2. HERBIER DE POSIDONIE - ARESQUIERS

III.2.1. DESCRIPTION DE L'HERBIER

Situé sur le plateau des Aresquiers vers **-7 m de profondeur**, cet herbier se développe sur un fond de sable grossier coquillé et débris de roches. L'herbier se présente sous forme d'îlots bien délimités. Il se poursuit vers le Nord-Est où il semble plus continu avec un recouvrement plus important. **La limite de l'herbier est de type franc en tâches.**



Figure 11 : Tâches d'herbier sur sable grossier et débris de roches – site des Aresquiers (2013).

Quatre piquets ont été fixés dans la roche pour délimiter la zone de suivi, la distance approximative entre les piquets est de 10 mètres.

Nous n'avons pas observé d'espèces patrimoniales.

Les relevés par télémétrie acoustique ont été réalisés en septembre 2007, septembre 2011 et fin juillet 2013.



Figure 12 : Piquet installé en 2007 (2013).

III.2.2. VITALITE DE LA PLANTE

Une sectorisation du site des Aresquiers a été réalisée afin d'affiner les zones d'estimation de densité de l'herbier (figure suivante). Cinq secteurs ont été délimités en 2013, similaires à ceux de 2007 et 2011, permettant ainsi une comparaison de l'évolution de la vitalité de l'herbier. Les mesures de densité foliaire sont présentées dans le tableau suivant par secteur et par année.

Nous constatons que la densité moyenne sur ce site était anormale en 2007 (mais très proche d'une densité sub-normale inférieure) et **sub normale inférieure en 2011 et 2013**. Deux

secteurs (A et B), classés en densité anormale en 2007, présentent un herbier avec une densité sub-normale inférieure en 2013.

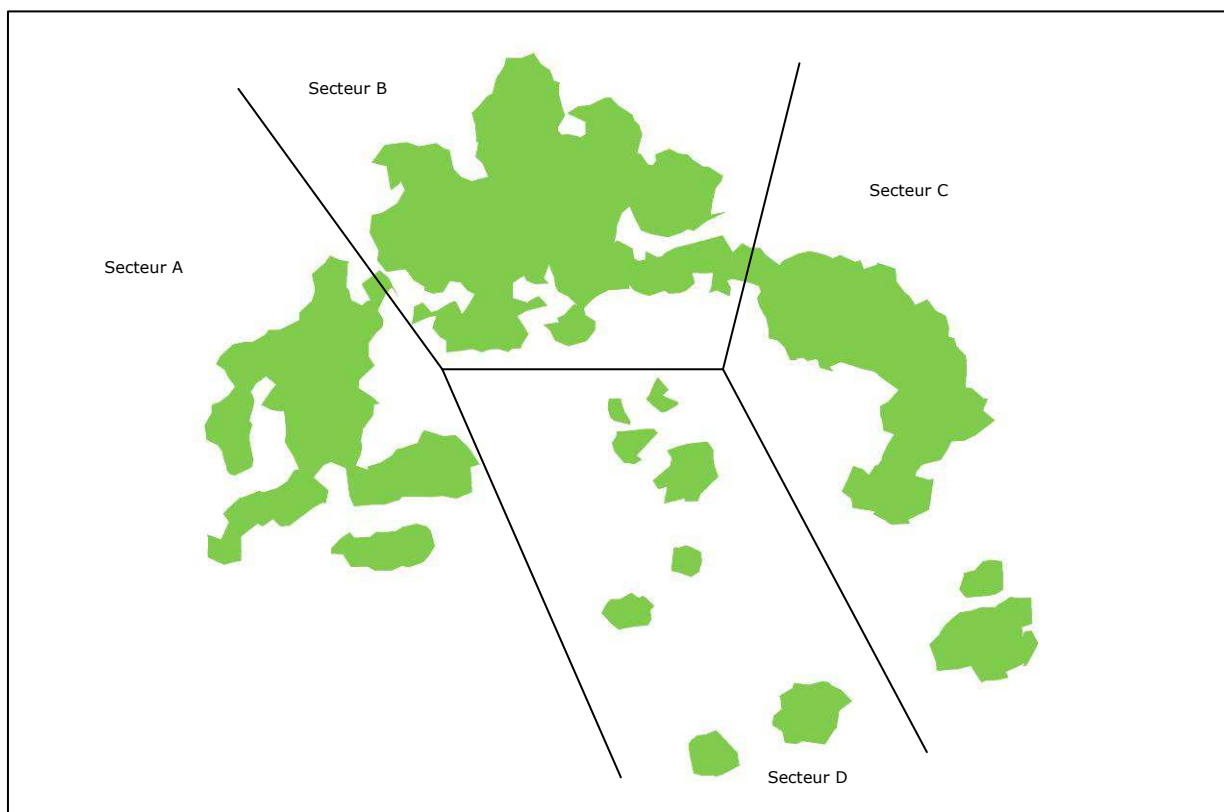


Figure 13 : Découpage de la zone cartographiée en 2013 en secteurs afin d'affiner les zones d'estimation de la vitalité.

Tableau 6 : Comparaison des analyses de densité de l'herbier – Site des Aresquiers (DA = densité anormale, DSI = densité sub-normale inférieure, DN = densité normale, DSS = densité sub-normale supérieure (d'après Pergent-Martini, 1994 et Pergent et al., 1995) par secteur et sur l'ensemble du site.

	secteur A	secteur B	secteur C	Secteur D	Site
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2007)	357,5	342,5	412,5	340	366,4±111,9
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2011)	372,5	367,5	382,5	292,5	358,75±98,6
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2013)	353,5	333,3	343,7	341,6	342,5±72,8
Prof. Moyenne (mètres) - 2007	6,9	6,7	7,1	7,2	6,9±0,22
Prof. Moyenne (mètres) - 2011	6,9	6,9	7,3	7,2	7±0,2
Prof. Moyenne (mètres) - 2013	7,1	7,4	7,3	7,2	7,29±0,16
Catégorie de densité 2007	DA	DA	DSI	DSI	DA
Catégorie de densité 2011	DSI	DSI	DSI	DA	DSI
Catégorie de densité 2013	DSI	DSI	DSI	DSI	DSI

D'après ces données **l'état de l'herbier est jugé médiocre en 2013** selon les valeurs de densité et d'après les classifications de Pergent *et al.* (2008) et Pergent-Martini *et al.* (2010). Cependant, une **amélioration dans les mesures de vitalité** est observée depuis 2007, et la microcartographie par télémétrie acoustique montre une progression de la surface de l'herbier avec un morcèlement moindre des tâches par rapport à 2007.

Entre 2007 et 2013 nous observons un **déchaussement très faible** des rhizomes orthotropes. En 2013 le déchaussement moyen est de $0,45 \pm 0,52$. Aucun rhizome plagiotrope n'a été relevé.

La longueur de la plus grande feuille par faisceau (F1) en 2013 varie de 27 à 70 cm pour une longueur moyenne de $41,2 \text{ cm} \pm 9,4$. La longueur de la deuxième plus grande feuille (F2) sur ce même faisceau varie de 25 à 62 cm pour une longueur moyenne de $37 \text{ cm} \pm 9,4$. La longueur de la plus petite feuille sur ces mêmes faisceaux varie de 7 à 26 cm, pour une longueur moyenne de $13,6 \text{ cm} \pm 5,6$. Ce paramètre n'était pas relevé les années précédentes.

III.2.3. DYNAMIQUE EVOLUTIVE DE L'HERBIER A POSIDONIE

La cartographie actuelle et les cartes évolutives (2007-2013 et 2011-2013) sont présentées sur les pages suivantes.

L'analyse de l'évolution des surfaces entre 2007 et 2013 nous indique que pour une surface cartographiée de 580 m² on observe :

- 40,1 m² d'herbier en stabilité ;
- 20 m² d'herbier en progression ;
- 1,1 m² d'herbier en régression ;
- 64,8 m² d'herbier non comparable.

L'analyse de l'évolution des surfaces entre 2011 et 2013 nous indique que pour une surface cartographiée de 730 m² on observe :

- 83,3 m² d'herbier en stabilité ;
- 13,6 m² d'herbier en progression ;
- 5 m² d'herbier en régression ;
- 37,7 m² d'herbier non comparable.

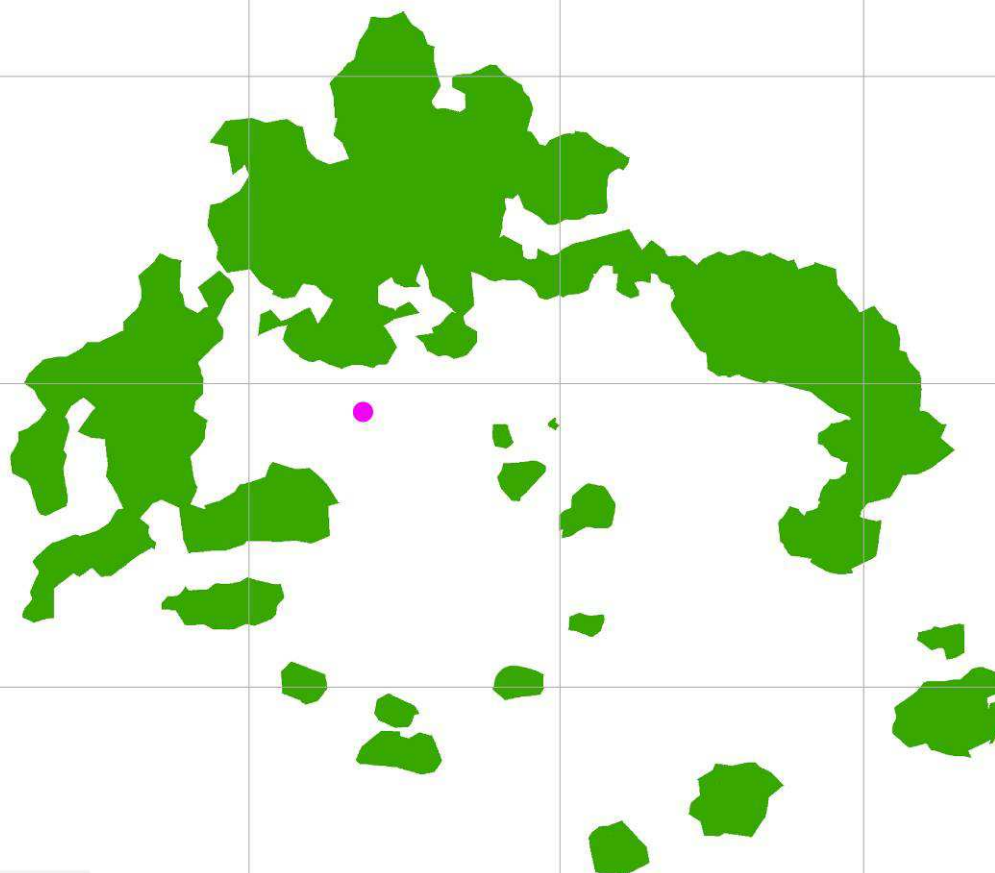
Année	Surface du quadrat (m ²)	Surface d'herbier cartographiée (m ²)	Pourcentage de recouvrement
2007	580	47	8,1
2011	730	104	14,2
2013	730	119	16,3

Ces taux de recouvrement de l'herbier ne sont pas directement comparables entre les années car certaines tâches ont été cartographiées une année et pas les autres (ce qui correspond aux surfaces d'herbier non comparable).

En 2011 nous avons constaté une tendance progressive de l'herbier qui s'est confirmée en 2013. En effet, les tâches sont bien retrouvées au cours des trois suivis et semblent s'être densifiées au

fur et à mesure des années. Nous avons relevé quelques zones de légères régressions sur ce site entre 2007 et 2013.

En 2011 nous concluons à une légère progression depuis 2007 qui devait être validée par un prochain suivi. **Cette progression de l'herbier** a bien été vérifiée à partir de la microcartographie de 2013.



Cartographie de l'herbier de posidonie
par télémétrie acoustique

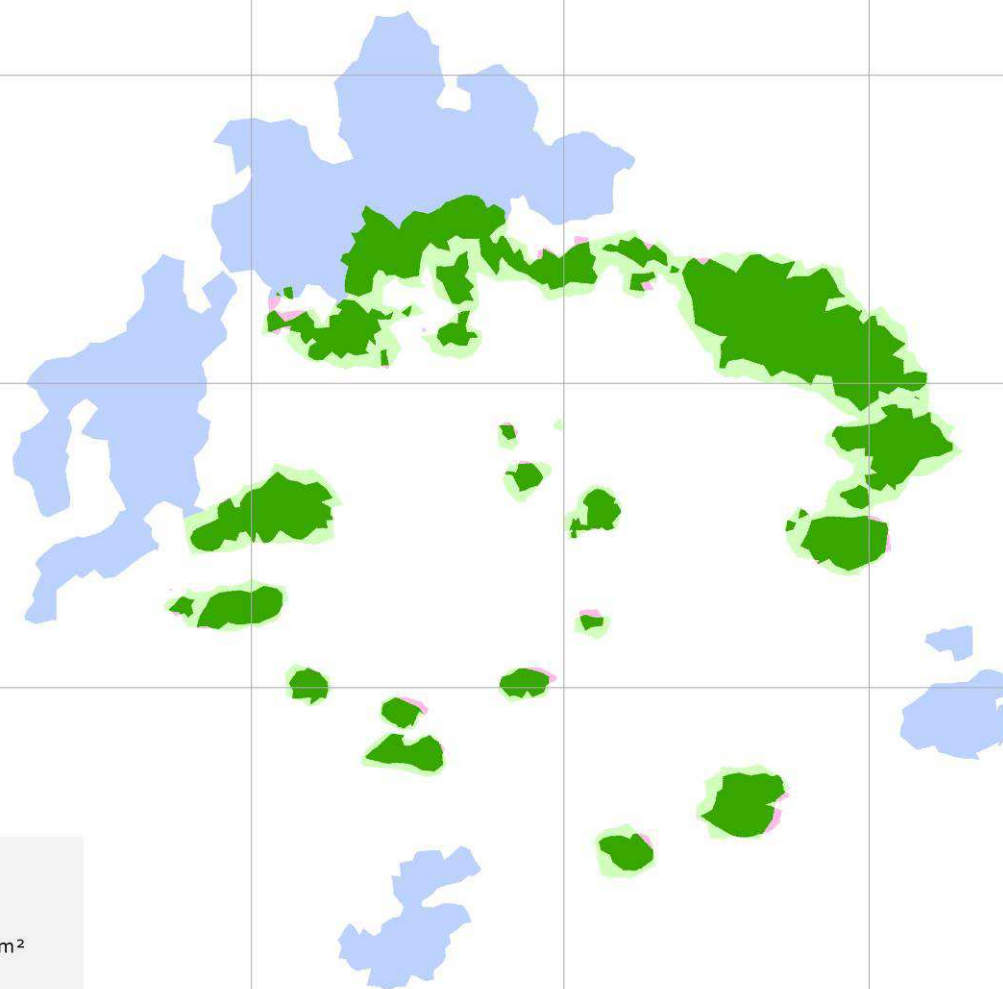


Herbier de posidonie en 2013



Point GPS 43°26.234'N 003°48.640'E

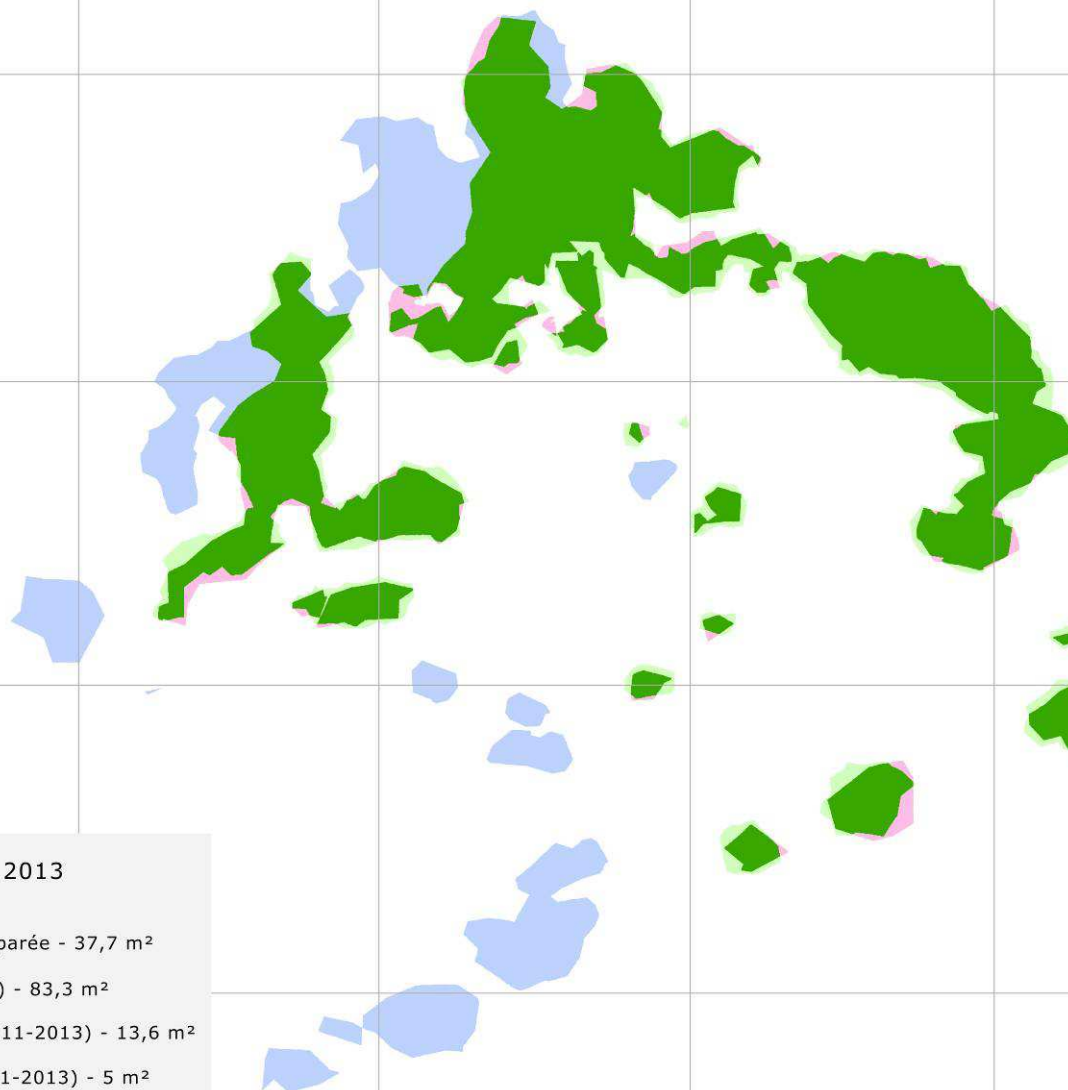
0 1 2 3 4 5
Mètres



Evolution des surfaces entre 2007 et 2013

- Surface d'herbier de posidonie non comparée - 64,8 m²
- Herbier de posidonie stable (2007-2013) - 40,1 m²
- Herbier de posidonie en progression (2007-2013) - 20 m²
- Herbier de posidonie en régression (2007-2013) - 1,1 m²

0 1 2 3 4 5
Mètres



Evolution des surfaces entre 2011 et 2013

- Surface d'herbier de posidonie non comparée - 37,7 m²
- Herbier de posidonie stable (2011-2013) - 83,3 m²
- Herbier de posidonie en progression (2011-2013) - 13,6 m²
- Herbier de posidonie en régression (2011-2013) - 5 m²

0 1 2 3 4 5
Mètres

III.3. HERBIER DE POSIDONIE – ROC ST MARTIN

III.3.1. DESCRIPTION DE L'HERBIER

L'herbier du Roc Saint Martin (ROC) est situé très à l'Ouest du site Natura 2000, il se développe à environ **-8,5m de profondeur**. C'est un herbier fortement discontinu présent sur un vaste plateau de matte morte. Il est morcelé en très petites tâches majoritairement inférieures au m². **La limite de cet herbier est de type régressif** du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

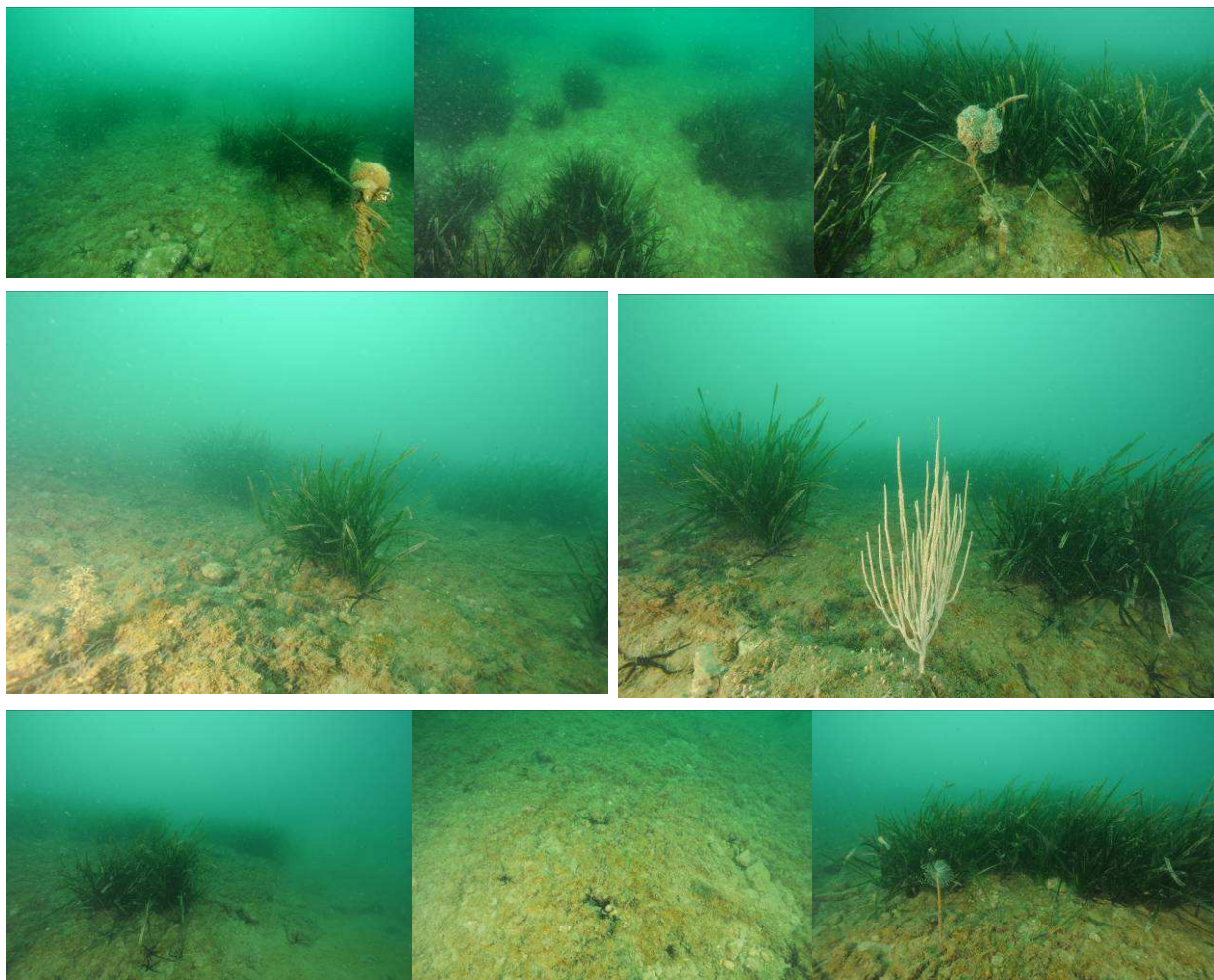


Figure 14 : Site du Roc St Martin (2013). [1] Piquet 1 situé au Nord du site (voir carte 8) ; [2] Tâches d'herbier de quelques m² à l'Ouest du quadrat (entre les piquets 1 et 2) ; [3] Piquet 3 localisé au Sud du site à proximité d'une grande tâche d'herbier de plus de 3m² ; [4-6] Petites tâches isolées d'herbier à posidonie ; [7] Plateau de matte morte sur lequel des petites tâches d'herbier étaient observées en 2007 ; [8] Spirographe (*Sabella spallanzanii*) et herbier.

Cinq piquets ont été fixés pour délimiter un quadrat de suivi en 2007: un dans la roche et quatre dans la matte morte avec une distance approximative entre les piquets de 20 mètres. En 2011 la régression était telle que nous n'avions pu cartographier l'herbier sur l'ancien quadrat. Nous avons par conséquent agrandi celui-ci et replanter des piquets afin de délimiter un nouveau quadrat plus en amont. En 2013 nous avons modifié légèrement le quadrat de 2011 dans sa partie Sud car l'herbier est toujours en régression. Nous avons utilisé trois piquets plantés en 2011 dans la matte morte et ajouté un autre piquet. Ainsi, les petites tâches d'herbier (<1m²) situées au Nord du

quadrat de 2007 ont totalement disparu pour laisser place à un vaste plateau de matte morte sur lequel des flaques anoxiques sont observées. Vers le Sud-Ouest les tâches sont de taille plus importantes, allant jusqu'à 4 m².

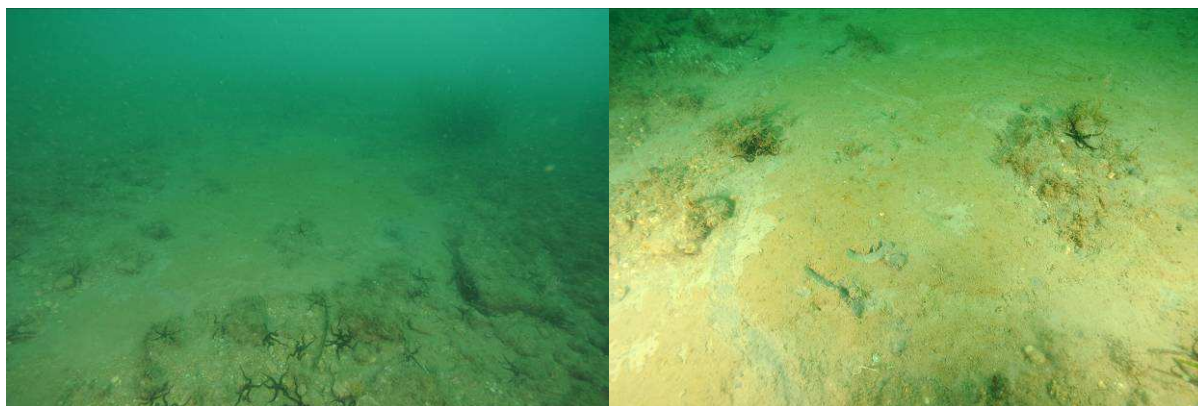


Figure 15 : Plateau de matte morte avec de grandes zones envasées anoxiques.

Nous n'avons pas observé d'espèces particulières en dehors des gorgones blanches (*Eunicella singularis*) et d'un spirographe (*Sabella spallanzanii*).

Les relevés par télémétrie acoustique ont été réalisés en septembre 2007, 2011, puis juillet 2013.

III.3.2. VITALITE DE LA PLANTE

Une sectorisation du site ROC a été réalisée afin d'affiner les zones d'estimation de densité de l'herbier (figure suivante). Cinq secteurs ont été délimités en 2013, similaires à ceux de 2007 et 2011, permettant ainsi une comparaison de l'évolution de la vitalité de l'herbier. Les mesures de densité foliaire sont présentées dans le tableau suivant par secteur et par année.

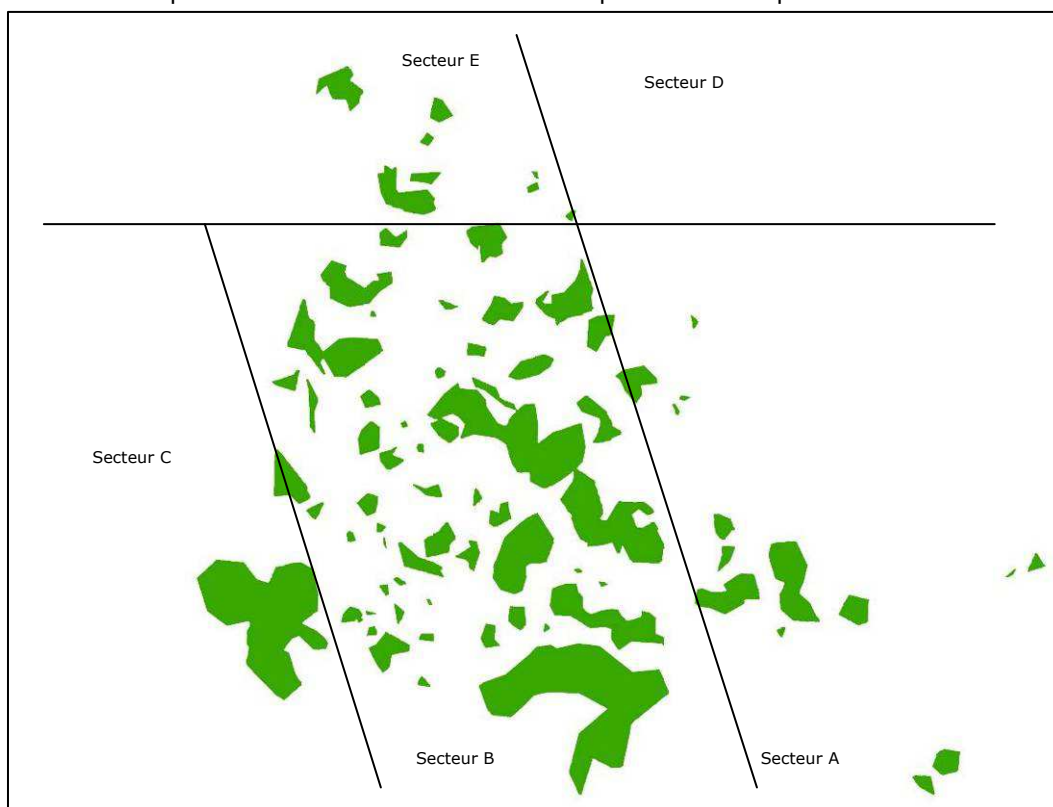


Figure 16 : Sectorisation de la zone cartographiée en 2013.

Tableau 7 : Comparaison des analyses de densité de l'herbier – Site de Roc St Martin (DA = densité anormale, DSI = densité sub-normale inférieure, DN = densité normale, DSS = densité sub-normale supérieure (d'après Pergent-Martini, 1994 et Pergent et al., 1995) par secteur et sur l'ensemble du site.

	secteur A	secteur B	secteur C	Secteur D	Secteur E	Secteur F	Site
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2007)	245	295	-	200	190	-	227,5±65,8
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2011)	195	282,5	335	115	180	310	227,83±80
Densité moyenne de faisceaux par m ² (2013)	285	348	319	-	315		328,3±57,9
Prof. Moyenne (mètres) - 2007	8,5						
Prof. Moyenne (mètres) - 2011	8,5						
Prof. Moyenne (mètres) - 2013	8,6	8,6	8,5	-	8,5		8,6
Catégorie de densité 2007	DA	DSI	-	DA	DA		DA
Catégorie de densité 2011	DA	DA	DSI	DA	DA		DA
Catégorie de densité 2013	DA	DSI	DSI	-	DSI		DSI

Nous constatons que la densité moyenne sur ce site était anormale en 2007 et 2011 et sub normale inférieure en 2013, soit une légère amélioration (liée à la modification du périmètre du quadrat intégrant un herbier plus dense).

D'après ces valeurs de densité **l'état de l'herbier est jugé médiocre** selon les classifications de Pergent *et al.* (2008) et Pergent-Martini *et al.* (2010) en 2013, alors qu'il était **mauvais** en 2007 et 2011. La modification du périmètre du quadrat et la régression de l'herbier ne permet pas de comparer les secteurs D et F.

Entre 2007 et 2013 nous observons un **déchaussement faible** des rhizomes orthotropes. En 2013 le déchaussement moyen est de 1±0,81. Aucun rhizome plagiotrope n'a été relevé.

La longueur de la plus grande feuille par faisceau en 2013 (F1) varie de 21 à 44 cm pour une longueur moyenne de 29,3 cm ±5,24. La longueur de la deuxième plus grande feuille (F2) sur ce même faisceau varie de 4 à 15 cm pour une longueur moyenne de 7,2 cm ±2,8. Ce paramètre n'était pas relevé les années précédentes.

III.3.3. DYNAMIQUE EVOLUTIVE DE L'HERBIER A POSIDONIE

La cartographie actuelle de 2013 et les cartes évolutives (2007-2013 et 2011-2013) sont présentées sur les pages suivantes (nous rappelons que le périmètre du quadrat a été modifié entre les trois années).

L'analyse de l'évolution des surfaces entre 2007 et 2013 nous indique :

- 3,1 m² d'herbier en stabilité ;
- 0,67 m² d'herbier en progression ;
- 15,5 m² d'herbier en régression ;
- 20,1 m² d'herbier non comparable.

L'analyse de l'évolution des surfaces entre 2011 et 2013 nous indique :

- 12,6 m² d'herbier en stabilité ;
- 1,9 m² d'herbier en progression ;
- 6,6 m² d'herbier en régression ;
- 9,4 m² d'herbier non comparable.

Année	Surface du quadrat (m ²)	Surface d'herbier cartographiée (m ²)	Pourcentage de recouvrement
2007	18,67	200	9,3
2011	19,1	300	6,4
2013	23,95	350	6,8

Ces taux de recouvrement de l'herbier ne sont pas directement comparables entre les années car le périmètre du quadrat a été modifié (ce qui correspond aux surfaces d'herbier non comparable).

En 2011 nous concluons à une régression importante depuis 2007 tant à partir de la microcartographie par télémétrie acoustique que par les mesures de vitalité. **Cette régression de l'herbier** a bien été vérifiée à partir de la microcartographie de 2013 sur ce point de suivi.

III.3.4. FACTEURS DE RÉGRESSION

Les facteurs et causes de régression de l'herbier peuvent être variés. Ainsi, à proximité du site ROC les sources potentielles de nuisance proche sont par exemple les ports de Sète et Frontignan, l'émissaire en mer de la station d'épuration des eaux blanches et les zones de clapages en mer.

Le suivi des rejets de la STEP de Sète montre un traitement des matières en suspension efficace. De plus, une modélisation de la dispersion du panache des eaux de rejet de Sète montre que ce dernier n'atteint pas la zone du Roc St Martin (figure suivante, Andromède océanologie, 2012).

Les zones d'immersion de clapages en mer sont localisées sur la carte des pressions. On constate qu'elles sont éloignées du site de télémétrie. Il faudrait les coupler avec des modélisations de dispersion.

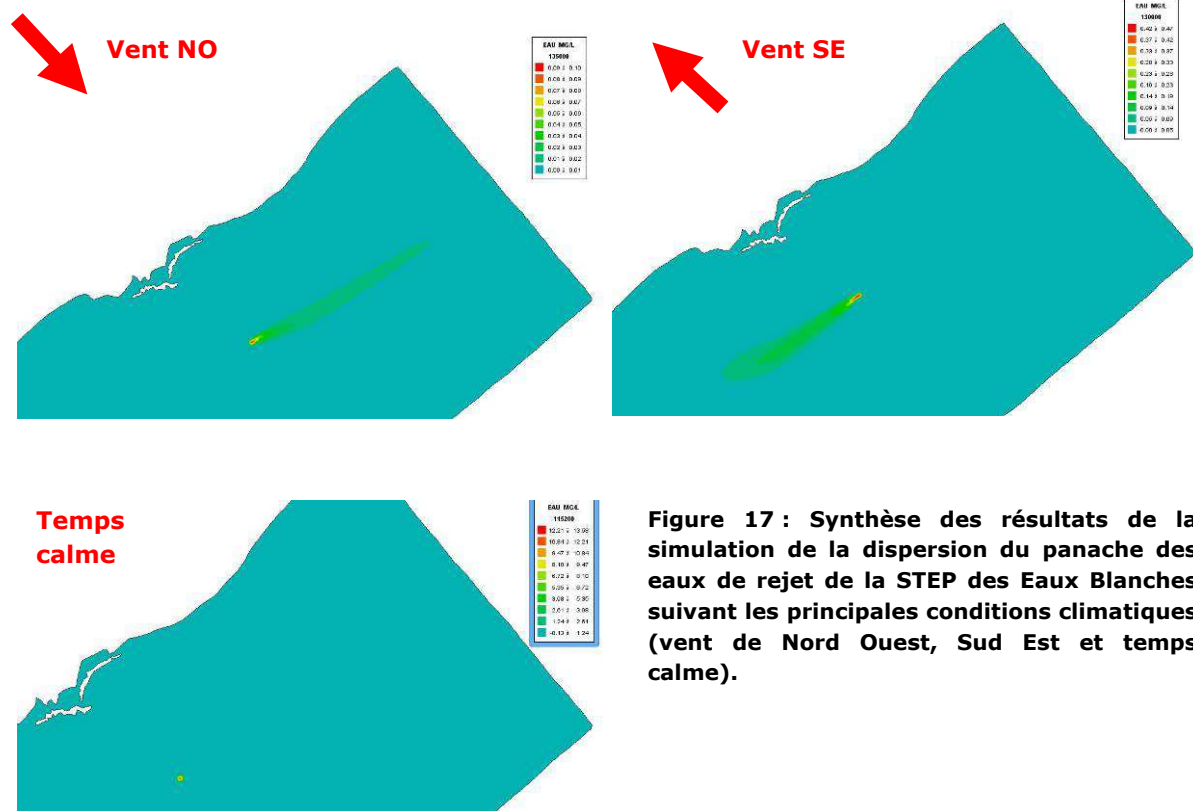


Figure 17 : Synthèse des résultats de la simulation de la dispersion du panache des eaux de rejet de la STEP des Eaux Blanches suivant les principales conditions climatiques (vent de Nord Ouest, Sud Est et temps calme).

Piquet 1

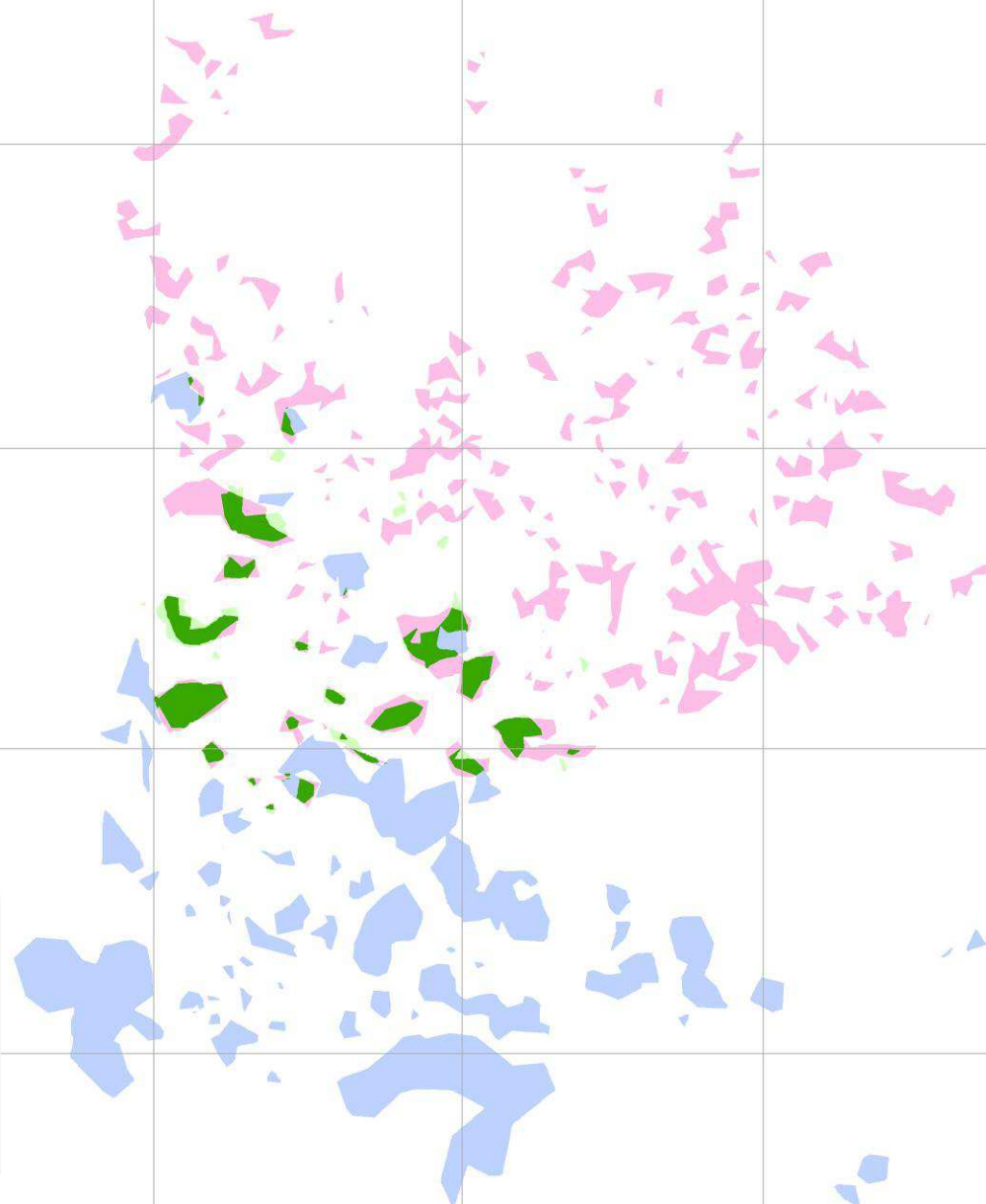
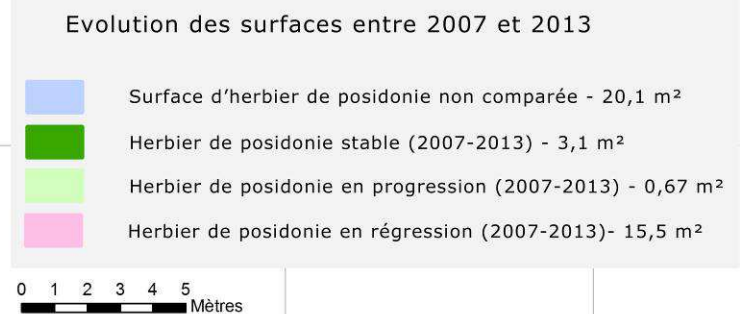
Cartographie de l'herbier de posidonie
par télémétrie acoustique

-  Herbier de posidonie en 2013
-  Point GPS 43°26.234'N 003°48.640'E

0 1 2 3 4 5
Mètres

Piquet 2

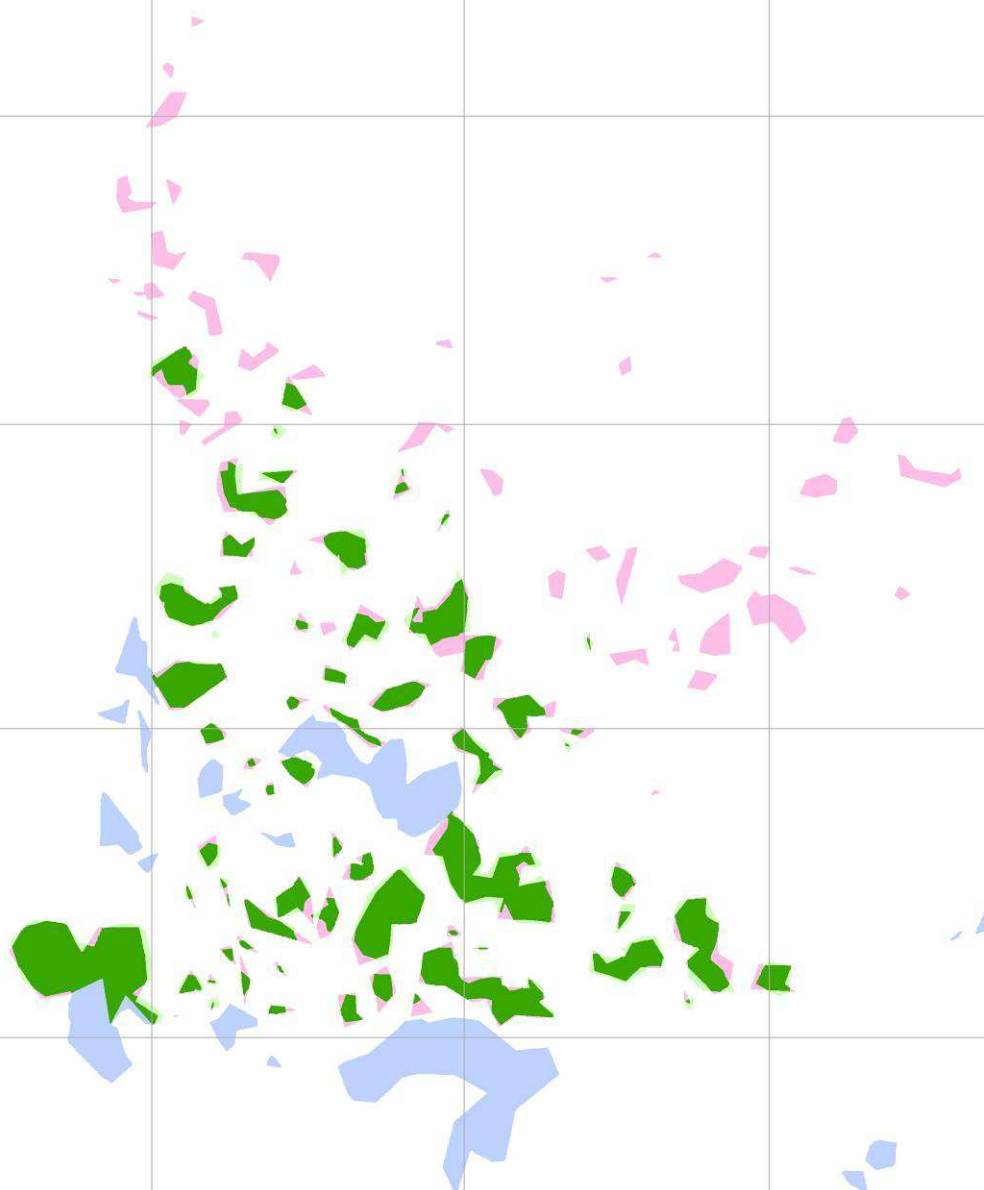
Piquet 3



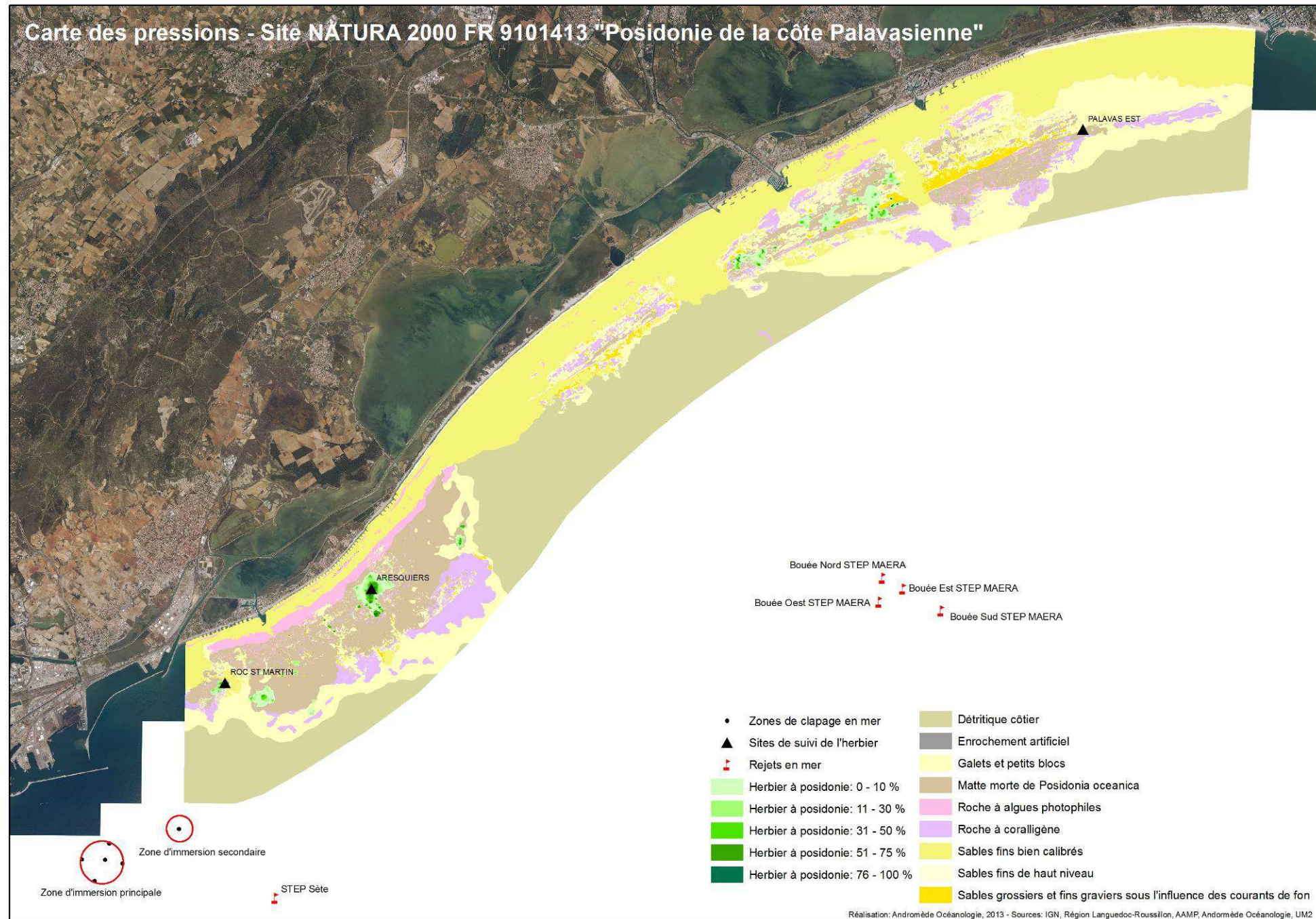
Evolution des surfaces entre 2011 et 2013

-  Surface d'herbier de posidonie non comparée - 9,4 m²
-  Herbier de posidonie stable (2011-2013) - 12,6 m²
-  Herbier de posidonie en progression (2011-2013) - 1,9 m²
-  Herbier de posidonie en régression (2011-2013)- 6,6 m²

0 1 2 3 4 5
Mètres



Carte des pressions - Site NATURA 2000 FR 9101413 "Posidonie de la côte Palavasienne"



Réalisation: Andromède Océanologie, 2013 - Sources: IGN, Région Languedoc-Roussillon, AAMP, Andromède Océanologie, UM2

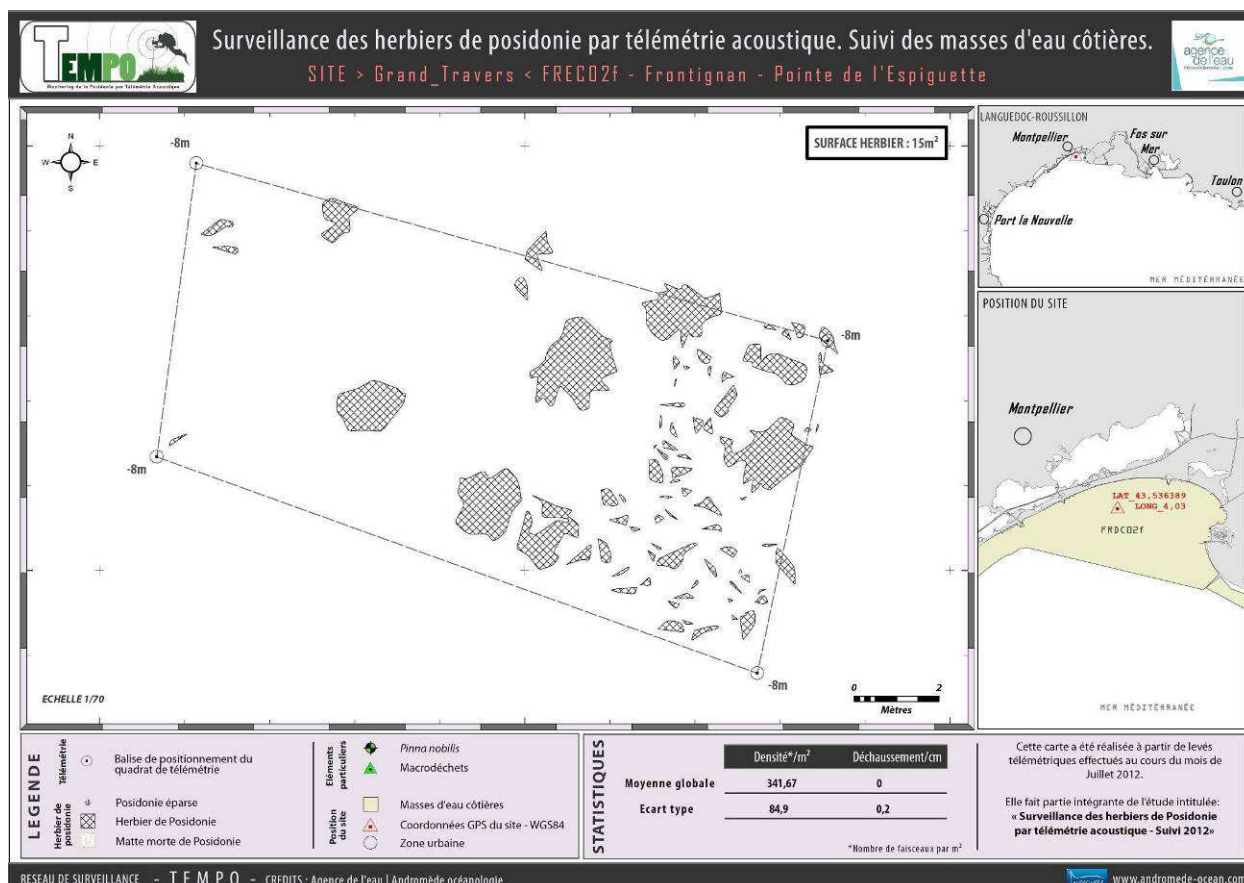
Carte 11 : carte des principales pressions observées à proximité des sites de télémétrie.

III.4. SITE TEMPO

Soutenu par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, le réseau TEMPO a été créé en 2011 par Andromède et s'étend sur l'ensemble de la façade méditerranéenne française bordée par les trois régions Corse, Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et Languedoc-Roussillon (LR). Les objectifs de TEMPO sont de recueillir des données descriptives sur la dynamique des herbiers à Posidonie et de suivre leurs évolutions dans le temps et dans l'espace. TEMPO comprend actuellement 41 sites répartis entre 5 et 40 mètres de profondeur dont celui du Grand Travers localisé au sein du site Natura 2000 FR9101413, à l'Ouest du site « Palavas Est ».

Le site **Grand Travers** est localisé dans la masse d'eau FRDC02e, dans le golfe d'Aigues-Mortes, au large de Carnon. L'herbier se développe sur un fond meuble (sable) avec débris de roche. Présence d'un massif rocheux accolé au site. Quatre balises sont positionnées à -8 mètres. La surface totale d'herbier cartographié en 2012 est de **15 m²**.

La limite inférieure **franche en tâches** se situe à **8m** de profondeur. La densité en 2012 varie de 175 à 525 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 341,6±84,9 faisceaux /m²**. L'herbier est donc en **état médiocre** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **sub-normale inférieure**. Le **déchaussement est faible** et varie en 2012 de 0 à 2 cm pour une valeur moyenne de **0±0,2**.



Carte 12 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Grand Travers (2012).

IV. SYNTHESE

Descripteurs PALAVAS EST	2007		2011		2013	
Substrat	Sable grossier et matte morte					
Profondeur moyenne de la limite	- 10 mètres					
Type de limite herbier	Franche à tendance régressive					
Espèces patrimoniales	-		-		3 <i>Pinna nobilis</i>	
Densité foliaire moyenne	278,3 à -10 m	Etat médiocre	255 à -10 m	Etat médiocre	268 à -10 m	Etat médiocre
Déchaussement moyen	Faible (<5 cm)		Faible (<5 cm)		Faible (<5 cm)	
Longueur moyenne de la première plus grande feuille	Non relevé		Non relevé		46,3 cm	
Longueur moyenne de la deuxième plus grande feuille	Non relevé		Non relevé		38 cm	
Taux de recouvrement de l’herbier entre 2007 et 2013	13%					
Taux de recouvrement de l’herbier entre 2011 et 2013	11,5%					
Evolution globale de l’herbier	Stabilité de l’herbier					

Descripteurs ARESQUIERS	2007		2011		2013	
Substrat	Sable grossier coquillé et débris de roche					
Profondeur moyenne de la limite	- 7 mètres					
Type de limite herbier	Franche en tâches					
Espèces patrimoniales	-		-			
Densité foliaire moyenne	366,4 à -6,9 m	Etat médiocre	358,7 à -7 m	Etat médiocre	342,5 à -7,3 m	Etat médiocre
Déchaussement moyen	Faible (<5 cm)		Faible (<5 cm)		Faible (<5 cm)	
Longueur moyenne de la première plus grande feuille	Non relevé		Non relevé		41,2 cm	
Longueur moyenne de la deuxième plus grande feuille	Non relevé		Non relevé		37 cm	
Taux de recouvrement de l'herbier	21,7%					

entre 2007 et 2013	
Taux de recouvrement de l'herbier entre 2011 et 2013	19%
Evolution globale de l'herbier	Progression de l'herbier

Descripteurs ROC ST MARTIN	2007		2011		2013	
Substrat	Matte morte					
Profondeur moyenne de la limite	- 8,5 mètres					
Type de limite herbier	Régressive					
Espèces patrimoniales	-				Eunicella singularis, Sabella spallanzanii	
Densité foliaire moyenne	227,5 à -8,5 m	Etat mauvais	227,8 à -8,5 m	Etat mauvais	328,3 à -8,5m	Etat médiocre
Déchaussement moyen	Faible (<5 cm)		Faible (<5 cm)		Faible (<5 cm)	
Longueur moyenne de la première plus grande feuille	Non relevé		Non relevé		29,3 cm	
Longueur moyenne de la deuxième plus grande feuille	Non relevé		Non relevé		7,2 cm	
Taux de recouvrement de l’herbier entre 2007 et 2013	13,2%					
Taux de recouvrement de l’herbier entre 2011 et 2013	10%					
Evolution globale de l’herbier	Régression de l’herbier					

V. BIBLIOGRAPHIE

- ANDROMEDE OCEANOLOGIE, 2012. Suivi écologique du rejet en mer - Station d'épuration des Eaux Blanches - Campagne 2012. Contrat Andromède Océanologie/Thau Agglomération. 79p.
- BAY D., 1978. Etude in situ de la production primaire d'un herbier de posidonie, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, dans la baie de Calvi, Corse. Thèse Fac. Sci., univ. Liège : 1-251.
- BEDHOMME, A.L., THELIN, I. BOUDOURESQUE, C.F., 1983. Mesure de la production primaire des feuilles de *Posidonia oceanica* : modification de la méthode de ZIEMAN. Bot. mar., Dtsch, 26 : 35-43.
- BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A., 1984. Erosions sous-marines des herbiers à *Posidonia oceanica* (Méditerranée). International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, BOUDOURESQUE C. F., JEUDY BLOUET S., LENFANT P., DUPUY DE LA GRANDRIVE R., LAFFON J-F, CHERE E., COURP T., GRUSELLE MC., FERRARI B., PAYROT J, 2011. Mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon. Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD/CEFREM-CG66-AAMP,Fr 48p.
- BLOUET S., LENFANT P., DUPUY DE LA GRANDRIVE R., LAFFON J-F, CHERE E., COURP T., GRUSELLE MC., FERRARI B., PAYROT J, 2011. Mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon. Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD/CEFREM-CG66-AAMP,Fr 48p
- BOUDOURESQUE C.-F., MEINESZ A. 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cahier du Parc national de Port Cros*, 4: 1-79.
- BOUDOURESQUE C.-F., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONNEL E., DIVIACCO G., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., RUITTON S., TUNESI L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *RAMOGE pub.* Fr : 1-202
- BOUDOURESQUE C.-F., BERNARD G., PERGENT G., SHILI A., VERLAQUE M., 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica Marina* 52: 395-418
- CAYE G. 1980.- Sur la morphogenèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L. Delile). Thèse doctorat 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-121.
- CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., BERNARD G., BONHOMME P., PATRONE J., KRUCZEK R., COTTALORDA J.M., BERTRANDY M.C., FORET P., RAGAZZI M., LE DIREAC'H L., 2000a. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence- Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA, Agence de l'Eau RMC, GIS Posidonie, CQEL 13, CQEL 83, Conseil Général 06, GIS Posidonie publ. : 1-76.
- CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., BONHOMME P., BERNARD G., PATRONE J., KRUCZEK R., COTTALORDA J.M., BERTRANDY M.C., FORET P., BRICOUT P., RAGAZZI M.,

- CADIOU G., LE DIREAC'H L., 2000b. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Seconde partie: résultats du suivi 1999. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.: 1-142.
- CINELLI F., COLANTONI P., FRESI E., SOLAINI P., 1974. La prateria sommersa. Subacqueo. 1 (9) : 19-21.
- DESCAMP P., PERGENT G., BALLESTA L., FOULQUIE M., 2005. Underwater acoustic positioning systems as tool for *Posidonia oceanica* beds survey. Compte Rendus Biologies de l'Académie des Sciences. C.R. Biologies 328 : 75-80.
- DESCAMP P., BALLESTA L. HOLON F., 2007. SUIVI DE DEUX HERBIERS DE POSIDONIE DANS LA RESERVE MARINE DE CERBERE – BANYULS : *BAIE DE TANCADÉ ET ANSE DU PIN PARASOL*. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales. L'Œil d'Andromède publ.
- DESCAMP P., HOLON F., BALLESTA L., 2009. Microcartographie par télémétrie acoustique de 9 herbiers de posidonie pour le suivi de la qualité des masses d'eau côtières méditerranéennes françaises dans le cadre de la DCE. Contrat L'Œil Andromède/Agence de l'Eau, CRLR, CRPACA. Andromède publ., Montpellier, Fr. : 1-59pp. + annexes
- DESCAMP P., HOLON F., BALLESTA L., GUILBERT A., GUILLOT M., BOISSERY P., RAIMONDINO V., DETER J., 2010. Fast and easy method for seagrass monitoring: Application of acoustic telemetry to precision mapping of *Posidonia oceanica* beds. Marine Pollution Bulletin 62: 284-292
- DETER J., HOLON F., DESCAMP P., 2010. Surveillance de l'herbier de posidonie – Année 2010. Evaluation de l'évolution de l'herbier de Posidonie entre 2000 et 2010 sur le littoral des Maures dans le cadre de l'observatoire marin du SIVOM. Rapport Final. *Contrat SIVOM du littoral des Maures et Andromède Océanologie publ.* : 67 p.
- DREW E.A., JUPP B.P., 1976. Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. Underwater Research, Academic Press, London, p. 357-367 Deter *et al.*, 2010.
- GAMBI M.C., BUIA M.C., CASOLA E., SCARDI M., 1989. Estimates of water movement in *Posidonia oceanica* beds : a first approach. International Workshop on Posidonia Beds, BOUDOURESQUE C.F.,
- LEPAREUR F., 2011. Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 – Guide méthodologique - Version 1. Février 2011. Rapport SPN 2011 / 3, MNHN, Paris, 55 pages.
- Libes *et al.*, 1983
- MOLINIER R., PICARD J., 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines sur le littoral méditerranéen français. Ann. Inst. Océanogr., Paris, 27 (3) : 157-234.
- PASQUALINI V., 1997. Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral Corse (Méditerranée, France). Thèse Doctorat, Univ. Corse : 1-190.

- PERES J.M., PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Rec. Trav. Stat. mar. Endoume, Fr., 31 (47): 5-137.
- PERES J.M., PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Rec. Trav. Stat. mar. Endoume, Fr., 31 (47): 5-137.
- PERGENT-MARTINI C., PERGENT G., 1996. Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean - France). In: Kuo J., Phillips R.C., Walker D.I., Kirkman H. edits. *Seagrass Biology: Proceedings of an International Workshop*. Univ. Western Australia publ.: 299-306.
- PERGENT-MARTINI C., PERGENT G., 2010. Propositions de lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée. PNUE-PAM-CAR/ASP, Contrat N°72/2009, Tunis :1 – 66
- RICO-RAIMONDINO V., 1995. – Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *Posidonia oceanica*. Thèse Doctorat d'Ecologie, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-248.
- VELIMOROV B., 1984. – Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. 1: 381-387. In: International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds, BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., OLIVIER J., (éds.), GIS Posidonie publ., Fr.
- WILLSIE A., 1987. – Structure et fonctionnement de la macrofaune associée à la matre morte et d'herbier vivant de *Posidonia oceanica* (L.) Delile : influence des facteurs abiotiques et biotiques. Thèse Doctorat oceanographie, Univ. Aix-Marseille II, Fr., 647 p.