

## SURVEILLANCE DE L'HERBIER DE POSIDONIE – ANNEE 2015-2016

EVALUATION DE L'EVOLUTION DE L'HERBIER DE POSIDONIE DEPUIS 2007



Site Natura 2000 FR9101413 « Posidonies de la côte Palavasiennne »

**Site Natura 2000 FR9101413 « Posidonies de la côte Palavasienne »**

**SURVEILLANCE DE L'HERBIER DE POSIDONIE – ANNEE 2015-2016**

ÉVOLUTION DE L'HERBIER DE POSIDONIE DEPUIS 2007

**Aire Marine Protégée de la côte agathoise**  
**Ville d'Agde**  
**Direction Gestion du Milieu Marin**  
Rue Alsace Lorraine  
34300 Agde



**Responsable de l'étude :**

Sylvain Blouet

**Participants aux missions de terrain :**

Sylvain Blouet, Chéré Edouard, Foulquié Mathieu, Patrick

**Crédits photographiques :**

Mathieu Foulquié, Sylvain Blouet, Renaud Dupuy de la Grandrive, Edouard Chéré

**Avertissement :** Les documents rendus par la Ville d'Agde dans le cadre de cette étude engagent sa responsabilité et sa crédibilité scientifique. Ils ne peuvent, pour cette raison, être modifiés sans son accord.

---

**Ce document doit être cité sous la forme suivante :**

Chéré E., Blouet S., Foulquié M., Dupuy de la Grandrive R. 2016. Surveillance de l'herbier de posidonie – Année 2015-2016. Site Natura 2000 « Posidonies de la côte Palavasienne » FR-9101413. Ville d'Agde publ. Fr. : 44PP

## Contenu

1	Introduction .....	1
<b>1.1</b>	<b>Cadre de l'étude .....</b>	<b>1</b>
1.1.1	Objectifs de la démarche suivi des posidonies intersites .....	1
<b>1.2</b>	<b><i>Posidonia oceanica</i> .....</b>	<b>2</b>
1.2.1	Biologie et écologie .....	2
1.2.2	Enjeux écologiques et économiques .....	3
1.2.3	Menaces .....	4
1.2.4	Protections légales .....	4
<b>1.3</b>	<b>Site Natura 2000 « Posidonies de la côte Palavasienne » .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4</b>	<b>Sites d'étude .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5</b>	<b>Objectifs de l'étude .....</b>	<b>8</b>
2	Matériel et Méthodes .....	9
<b>2.1</b>	<b>Cartographie des herbiers par la méthode de télémétrie acoustique.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Analyse de l'état de vitalité de la plante.....</b>	<b>9</b>
2.2.1	Mesures phénologiques .....	9
2.2.1	Analyses statistiques .....	11
3	Résultats.....	12
<b>3.1</b>	<b>Cartographie des herbiers par la méthode de télémétrie acoustique.....</b>	<b>12</b>
3.1.1	Roc Saint Martin : ROC .....	12
3.1.2	Les Aresquiers : ARE .....	14
3.1.3	Palavas Est : PALE.....	18
<b>3.2</b>	<b>Analyse de l'état de vitalité de la plante.....</b>	<b>20</b>
3.2.1	Roc Saint Martin : ROC .....	20
3.2.1	Les Aresquiers : ARE .....	24
3.2.1	Palavas est : PALE .....	27
4	Discussion et conclusion.....	30
<b>4.1</b>	<b>Cartographie des herbiers par la méthode de télémétrie acoustique : suivi du recouvrement.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2</b>	<b>Analyse de l'état de vitalité de la plante.....</b>	<b>30</b>
5	Bibliographie.....	33
6	Annexes .....	38

## Liste des figures

Figure 1: Site Natura 2000 "Posidonies de la côte Palavasienne ».	6
Figure 2 : Localisation des trois points de suivi de l'herbier à posidonie.	7
Figure 3: Plongeur opérant avec le pointeur de l'Aquamètre D100 à gauche et base de l'Aquamètre D100 à droite.	9
Figure 4: Cartographie de la zone de référence de l'herbier du Roc Saint-Martin.	13
Figure 5: Cartographie de l'herbier des Aresquiers par télémétrie acoustique.	14
Figure 6: Cartographie de la zone de référence de l'herbier des Aresquiers.	15
Figure 7: Comparaison des cartographies de 2007 et 2015 de la zone de référence de l'herbier des Aresquiers.	16
Figure 8: Comparaison des cartographies de 2013 et 2015 de la zone de référence de l'herbier des Aresquiers.	17
Figure 9: Cartographie de la zone de référence de l'herbier de Palavas Est.	19
Figure 10: Densité moyenne du site du ROC en 2007, 2011 et 2015.	22
Figure 11: Densité moyenne du site des Aresquiers en 2007, 2011 et 2015.	25
Figure 12: Densité moyenne du site de Palavas Est en 2007, 2011, 2013 et 2016.	28
Figure 13: Densité pour le site du Roc St Martin entre 2004 et 2015, classée selon le code couleurs de l'abaque de Pergent et al, 2008 et Pergent-Martini et al., 2010.	31
Figure 14: Densité pour le site des Aresquiers entre 2004 et 2015, classée selon le code couleurs de l'abaque de Pergent et al, 2008 et Pergent-Martini et al., 2010.	32
Figure 15: Densité pour le site de Palavas entre 2006 et 2016, classée selon le code couleurs de l'abaque de Pergent et al, 2008 et Pergent-Martini et al., 2010.	32

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées des trois sites d'étude.	7
Tableau 2: Abaque de densité de Giraud 1977.	10
Tableau 3 : Echelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes (Charbonnel <i>et al.</i> , 2000 ; Boudouresque <i>et al.</i> , 1980 In Boudouresque <i>et al.</i> , 2006).	11
Tableau 4: Tableau chronologique des paramètres étudiés.	11
Tableau 5: Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier du Roc Saint Martin entre 2007 et 2015.	20
Tableau 6: Comparaison multiple Kruskal-Wallis de la densité sur le site du ROC entre 2007-2015, en rouge différence significative $P < 0,05$ .	21
Tableau 7 : Classement de la densité du ROC selon les abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.	22
Tableau 8 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis du déchaussement sur le site du ROC entre 2007-2015, en rouge différence significative $P < 0,05$ .	23
Tableau 9 : Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier des Aresquiers entre 2007 et 2015.	24
Tableau 10 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis de la densité sur le site des Aresquiers entre 2007-2015, en rouge différence significative $P < 0,05$ .	25
Tableau 11: Classement de la densité des Aresquiers selon les abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.	26
Tableau 12 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis du déchaussement sur le site des Aresquiers entre 2007-2015, en rouge différence significative $P < 0,05$ .	26
Tableau 13 : Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier de Palavas Est entre 2007 et 2015.	27
Tableau 14 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis de la densité sur le site de Palavas Est entre 2007-2016, en rouge différence significative $P < 0,05$ .	28
Tableau 15: Classement de la densité du site de Palavas Est selon les abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.	29
Tableau 16 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis du déchaussement sur le site de Palavas Est entre 2007-2015, en rouge différence significative $P < 0,05$ .	29

# 1 Introduction

---

## 1.1 Cadre de l'étude

Cette étude s'inscrit dans une démarche régionale des aires marines protégées de la région Occitanie, afin de répondre aux attentes de la directive européenne habitat faune flore, pour la connaissance de l'état de conservation de l'habitat prioritaire "herbiers de posidonies". Le suivi des herbiers a ainsi été standardisé à l'échelle régionale depuis 2011.

L'objectif global de cette étude est de disposer sur le long terme d'un outil de surveillance et de diagnostic performant sur l'état de conservation des herbiers de posidonies et du milieu marin en général. Cet habitat représente un bon indicateur de la qualité biologique du milieu marin. Son état de conservation permet notamment de vérifier l'efficacité des progrès accomplis dans la qualité des eaux (bassins versants, eaux usées, etc.), et dans l'effort en matière de gestion des pressions anthropiques.

### 1.1.1 Objectifs de la démarche suivi des posidonies intersites

En région Occitanie, l'herbier de posidonies, dont l'intérêt écologique n'est plus à démontrer, est présent en quelques endroits bien identifiés du littoral (Blouet *et al.*, 2005, Collart *et al.*, 2004). Comme la majeure partie des côtes méditerranéennes, ce littoral est fortement soumis à des pressions anthropiques diverses (aménagements touristiques, rejets d'eaux usées insuffisamment épurées, destructions mécaniques par les engins de pêche, l'ancrage, etc.) qui peuvent altérer l'état de conservation de l'herbier. Aussi était-il nécessaire, à l'image des régions Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) et Corse, d'initier en Languedoc- Roussillon une surveillance spécifique de l'herbier de posidonies et adaptée aux besoins des gestionnaires d'aires marines protégées (Sites Natura 2000, Parc Naturel Marin, Réserve naturelle, etc.). La mise en place de la démarche Posidonies intersites est le complément indispensable à l'ensemble des démarches de Méditerranée et permettra de boucler cette surveillance à l'échelle de la façade méditerranéenne française dans son ensemble.

La mise en cohérence et d'harmonisation des méthodes de suivis d'herbiers de posidonies au sein des sites Natura 2000 en région Occitanie a pour objectifs :

- La surveillance à long terme de l'évolution de l'état de conservation des herbiers de posidonies le long de cette côte.
- Standardiser les méthodes de suivis au sein des AMP et renforcer les échanges entre gestionnaires.
- L'élaboration des stratégies communes à adopter pour la surveillance et la gestion des herbiers.
- Définir les spécificités et la typicité propre aux herbiers de cette côte afin que ces critères permettent d'apporter des éléments de réponse dans la mise en œuvre des politiques communes telles que la DCE.
- L'utilisation de l'herbier comme indicateur biologique de la qualité globale des eaux littorales. L'herbier témoigne, par sa vitalité, sa progression ou sa régression, de cette qualité globale des eaux et du milieu environnant. Ainsi, la régression d'un herbier de posidonies doit être considérée comme un indice de déséquilibre de l'écosystème marin pouvant résulter de pollution au sens large (aménagements, pollutions biologiques ou chimiques, etc.).

- Permettre une sensibilisation au travers d'actions de communication grand public

Cette démarche propose une clé à l'usage des gestionnaires mettant en relation les besoins identifiés en termes de gestion du milieu marin, les techniques de cartographie et de surveillance de l'herbier de posidonie et leur coût.

## 1.2 *Posidonia oceanica*

### 1.2.1 Biologie et écologie

*Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, est une magnoliophyte (plante à fleur) ayant la particularité d'être uniquement marine et endémique de la Mer Méditerranée (Den Hartog, 1970). Elle est présente sur la quasi-totalité du bassin occidental, interrompue localement par l'embouchure des fleuves. Présente sur l'ensemble de l'étage infralittoral, l'étagement de cette plante photosynthétique est principalement lié à la lumière (Ruiz & Romero, 2001) et donc à la profondeur et la turbidité. La distribution de la posidonie est également influencée par la température (entre 9,0°C et 29,2°C) (Boudouresque *et al.*, 2006) et la salinité (entre 29 et 42 PSU) (Fernández-Torquemada & Sanchez-Lizaso, 2013). En région Occitanie et notamment au Cap d'Agde, la turbidité et l'hydrodynamisme particulier du golfe du Lion sont les principaux paramètres structurant de l'herbier (Blouet *et al.*, 2005). La température de l'eau peut descendre sous les 10°C mais dépasse rarement les 24°C. Quant à la salinité, elle peut localement descendre à 31 PSU (Foulquié & Dupuy de la Grandrive, 2004).

Cette plante est constituée d'un ensemble de faisceaux, présentant entre 4 à 8 feuilles larges de 8 à 11 mm et pouvant atteindre 80 cm de long (Giraud, 1979). Elles sont fixées sur une tige appelée rhizome (Giraud, 1979). La croissance des rhizomes peut se faire de manière horizontale (rhizome plagiotrope) ou verticale (rhizome orthotrope). La croissance des rhizomes plagiotropes est estimée entre 2 et 6 cm par an (Caye, 1980). La différenciation des rhizomes n'est pas irréversible : un rhizome plagiotrope peut devenir orthotrope et vice versa, selon la lumière, l'espace disponible pour la colonisation ou pour lutter contre l'enfouissement (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983).

L'enchevêtrement des rhizomes et de leurs racines dont les interstices sont comblés par le sédiment forme la matte. La croissance de la matte, estimée à 1 mètre par siècle, peut atteindre 6 à 8 mètres (Molinier & Picard, 1952). A la mort de l'herbier, cette édification reste en place et prend le nom de « matte morte ». Les menaces d'origine anthropiques comme l'ancrage peuvent cependant altérer la structure de la matte. Pourtant, même « morte » elle constitue toujours un stock de carbone atmosphérique piégé sous forme organique (Campagne *et al.*, 2015). Si celle-ci n'est pas détruite ou altérée par l'homme, le carbone peut y rester stocké pendant plusieurs milliers d'années (Campagne *et al.*, 2015).

De nouvelles feuilles se forment toute l'année et vivent entre 5 et 13 mois (Thélin & Boudouresque 1983). A leur mort, les feuilles mortes se détachent et seul le pétiole (base de la feuille) reste fixé au rhizome ; celui-ci constitue alors une écaille imputrescible pouvant persister de nombreuses années (Molinier & Picard, 1952), et jusqu'à 4600 ans selon Boudouresque *et al.* (1980). Comme tous les spermatophytes, la posidonie peut porter des fleurs, permettant une reproduction sexuée. Cependant, elle utilise principalement la voie asexuée par propagation végétative sous la forme de boutures (Meinesz & Lefèvre, 1984). La variabilité dans la fréquence des floraisons n'est pas encore expliquée, mais semble être influencée par l'élévation de la température (Gobert *et al.*, 2006).

La structure d'un herbier peut être influencée par l'hydrodynamisme local. Sur des petits fonds en mode calme, les feuilles de l'herbier peuvent atteindre la surface et s'étaler,

formant ainsi un récif barrière (Boudouresque & Meinesz, 1982 ; Molinier & Picard, 1952). En mode battu, l'hydrodynamisme empêche la montée de l'herbier, qui s'arrête 1 à 2 m avant d'atteindre la surface, créant des pénélaines de matte morte (Molinier & Picard, 1952). Sous ces conditions, l'édification de l'herbier peut prendre différents types morpho-structuraux. La géomorphologie de ces herbiers le long de la côte palavasienne est de type mosaïque d'herbiers en « collines » (petites collines plus ou moins circulaires, entourées de sable) et en « pain de sucre » (matte continue mais fortement bosselée).

### 1.2.2 Enjeux écologiques et économiques

Cette phanérogame marine constitue un écosystème pivot en Méditerranée (Molinier & Picard, 1952). Elle est l'un des plus productifs de la planète (Boudouresque *et al.*, 2006). Ses longues feuilles diminuent la vitesse du courant permettant la retombée des particules en suspension (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983). Grâce à son enracinement profond et complexe la matte participe au maintien des fonds marins (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983 ; Molinier & Picard, 1952). Avec ses longues feuilles et la présence de banquettes de feuilles mortes sur les plages, les herbiers protègent les côtes sableuses de l'érosion en atténuant l'effet des vagues et des courants (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983 ; Molinier & Picard, 1952 ; Prinos *et al.*, 2010). En France, la valeur de ce service écosystémique de protection du littoral, a été estimée à 20 millions d'euros par an (Mangos *et al.*, 2010).

Suite à la sénescence des feuilles, celles-ci tombent sur place, entretenant la litière et participent à alimenter des écosystèmes plus profonds. Les feuilles et rhizomes de posidonies sont le support de toute une faune et flore, parfois calcifiée, appelée épiphyte. Les herbiers ont ainsi 2 types de production primaire : la production directe issue de leurs feuilles (Pergent *et al.*, 1994 ; Pergent-Martini *et al.*, 1994) et la production issue des épiphytes fixés sur les feuilles et les rhizomes de la matte (Gobert *et al.*, 2006). L'écosystème formé par *Posidonia oceanica* assure ainsi divers rôles écologiques.

Les herbiers représentent un pôle de biodiversité où 20 à 25% des espèces connues en Méditerranée y sont présentes (Boudouresque *et al.*, 1994). Ils sont à la base de plusieurs chaînes alimentaires et constituent des zones de frayères, de nurseries et d'abris pour de nombreuses espèces (Boudouresque *et al.*, 2006 ; Gobert *et al.*, 2006 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1995). La matte « morte » abrite elle-même autant, voire plus, de macros invertébrés mobiles que la matte « vivante » (Borg *et al.*, 2002).

L'herbier de posidonies représente également un enjeu économique majeur, notamment pour les villes côtières dont l'économie est basée sur le tourisme balnéaire et/ou sur la pêche (Campagne *et al.*, 2015). Il a été inventorié 25 services écosystémiques, dont bénéficient les populations côtières. Les principaux services apportent un bénéfice en matière de lutte contre l'érosion de la côte, de soutien pour la ressource halieutique ou encore du stockage du carbone atmosphérique (Vassallo *et al.*, 2013 ; Campagne *et al.*, 2015).

La « Stratégie de la biodiversité pour 2020 » de l'Union Européenne, a fixé comme deuxième objectif : la connaissance et l'amélioration des services écosystémiques. De nombreuses études contribuent à évaluer financièrement ces services rendus.

En 1997, Costanza *et al.*, ont estimé que le poids économique des herbiers et des algues sous-marines représentaient 19 000 \$ /ha /an (soit 2 €/m<sup>2</sup>/an), quand les marécages et les estuaires se placent juste devant (respectivement 19 500 \$ /ha /an et 22 800 \$ /ha /an) et les récifs coralliens et forêts tropicales loin derrière (respectivement 6 000 \$ /ha /an et 2 000 \$ /ha /an). Cependant, dans cette estimation il a été considéré toutes les espèces et à une grande échelle (Campagne *et al.*, 2015).

### 1.2.3 Menaces

Au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, les herbiers ont subi une régression sur l'ensemble du bassin méditerranéen, surtout autour des grands centres urbains et portuaires sous l'effet synergique d'actions anthropiques (Boudouresque *et al.*, 2006 ; Ganteaume *et al.*, 2005). Parmi ces menaces, il faut citer l'action mécanique de l'ancrage dans les herbiers, endommageant directement les faisceaux et rhizomes, mais aussi indirectement en fragilisant les herbiers face à l'hydrodynamisme (surtout dans un herbier déjà clairsemé) et donc à l'érosion (Francour, 1994; Lloret *et al.*, 2008). L'utilisation des chaluts ouvre également des couloirs dans les herbiers et favorise ainsi son érosion (Ardizzone & Pelusi, 1984 ; Boudouresque *et al.*, 2006).

Les constructions et aménagements littoraux détruisent directement et indirectement les herbiers de la frange littorale par l'augmentation de la turbidité, entraînant la diminution de la luminosité, et par la modification de l'hydrodynamisme et des apports en sédiment (Astier, 1984 ; Badalamenti *et al.*, 2006 ; Ruiz *et al.*, 2003). La perte de luminosité entrave l'activité photosynthétique, c'est-à-dire la vitalité de l'herbier (Maggi *et al.*, 1977).

La Posidonie a de grandes capacités à concentrer et même « mémoriser » les contaminations par des polluants, des composés organochlorés et des métaux lourds (éléments traces métalliques) (Lafabrie *et al.*, 2007 ; Pergent-Martini, 1998). Le mercure par exemple provoque un stress oxydatif chez la plante, modifiant sa vitalité (Ferrat *et al.*, 2002). En tant que bio-accumulateur, les polluants assimilés se transfèrent dans le réseau trophique, contaminant ainsi de nombreux autres organismes marins (Pergent & Pergent-Martini, 1988). *Posidonia oceanica* subit également les effets des rejets domestiques (Maggi *et al.*, 1977), la pisciculture en milieux naturels (Cancemi *et al.*, 2003) et l'eutrophisation des zones côtières, qui par l'apport excessif de matière organique provoque des blooms algaux, des déficits en oxygène et un fort développement des épiphytes (Balat *et al.*, 2008 ; Burkholder *et al.*, 2007).

La sensibilité particulière de la posidonie face aux activités humaines, sa large distribution en Méditerranée et sa durée de vie relativement longue, fait de cet écosystème un excellent bio-indicateur de la zone côtière (Boudouresque *et al.*, 2006 ; Lafabrie *et al.*, 2007).

### 1.2.4 Protections légales

La prise de conscience générale de l'importance des herbiers s'est traduite par de nombreuses législations. Au niveau français, *Posidonia oceanica* est une espèce protégée depuis l'arrêté ministériel du 19 juillet 1988 relatif à la liste des espèces végétales marines protégées (Article 3 de la loi relative à la protection de la nature, décret d'application n°77-1295 du 25 novembre 1977), qui stipule : « Il est interdit en tout temps et sur tout le territoire nationale de détruire, de colporter, de mettre en vente, de vendre ou d'acheter et d'utiliser tout ou partie des spécimens sauvage de cette espèce ». Les herbiers de posidonies sont également des espaces à protéger selon le décret d'application du 20 septembre 1989 de la Loi littoral de 1986 relative aux espaces littoraux à préserver. Il implique que cet écosystème est « un milieu remarquable ou caractéristique du patrimoine naturel et culturel du littoral, nécessaire au maintien des équilibres biologiques ou présentant un intérêt écologique ».

Au niveau européen la posidonie est considérée comme un habitat d'intérêt communautaire prioritaire par la Directive Habitat 92/43/EEC relative à la conservation des habitats naturels, de la faune et la flore sauvage.

Au niveau international, la posidonie est inscrite dans les annexes de la convention de Berne (adoptée le 19 septembre 1979, ratifiée en France par le Décret du 07 juillet 1999) relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel d'Europe, dans la convention de Barcelone (signée en 1976, révisée le 10 juin 1995, ratifiée en France par le Décret n° 2002-

1454 du 9 décembre 2002 portant publication du protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée, annexes adoptées à Monaco le 24 novembre 1996). Elle est également reconnue comme espèce menacée par l'UNESCO depuis la Conférence de Rio en 1992.

### **1.3 Site Natura 2000 « Posidonies de la côte Palavasienne »**

Situé dans la partie la plus septentrionale du golfe du Lion, le site Natura 2000 FR 910 1413 Posidonies de la côte palavasienne occupe une grande partie du golfe d'Aigues-Mortes. Ce site Natura 2000 100 % marin s'étend, de l'Ouest, de la commune de Frontignan à l'Est de la commune de la Grande Motte et ce, jusqu'à 2 milles nautiques en mer. Son périmètre comprend par ailleurs trois autres communes (d'Ouest en Est) : Villeneuve-lès-Maguelone, Palavas-les-Flots et Mauguio-Carnon (Figure 1).

La proximité d'un vaste complexe lagunaire, avec les étangs palavasiens et l'étang de l'Or (ou de Mauguio), et les relations fortes qui existent entre ces deux milieux, offre une caractéristique originale et atypique au site Posidonies de la côte palavasienne.

L'Agence des aires marines protégées est animatrice du site et assure la mise en œuvre d'actions opérationnelles en lien direct avec son comité de pilotage.

Site Natura 2000 « Posidonies de la côte Palavasienne » FR9101413  
 Surveillance de l'herbier de posidonie – Année 2015

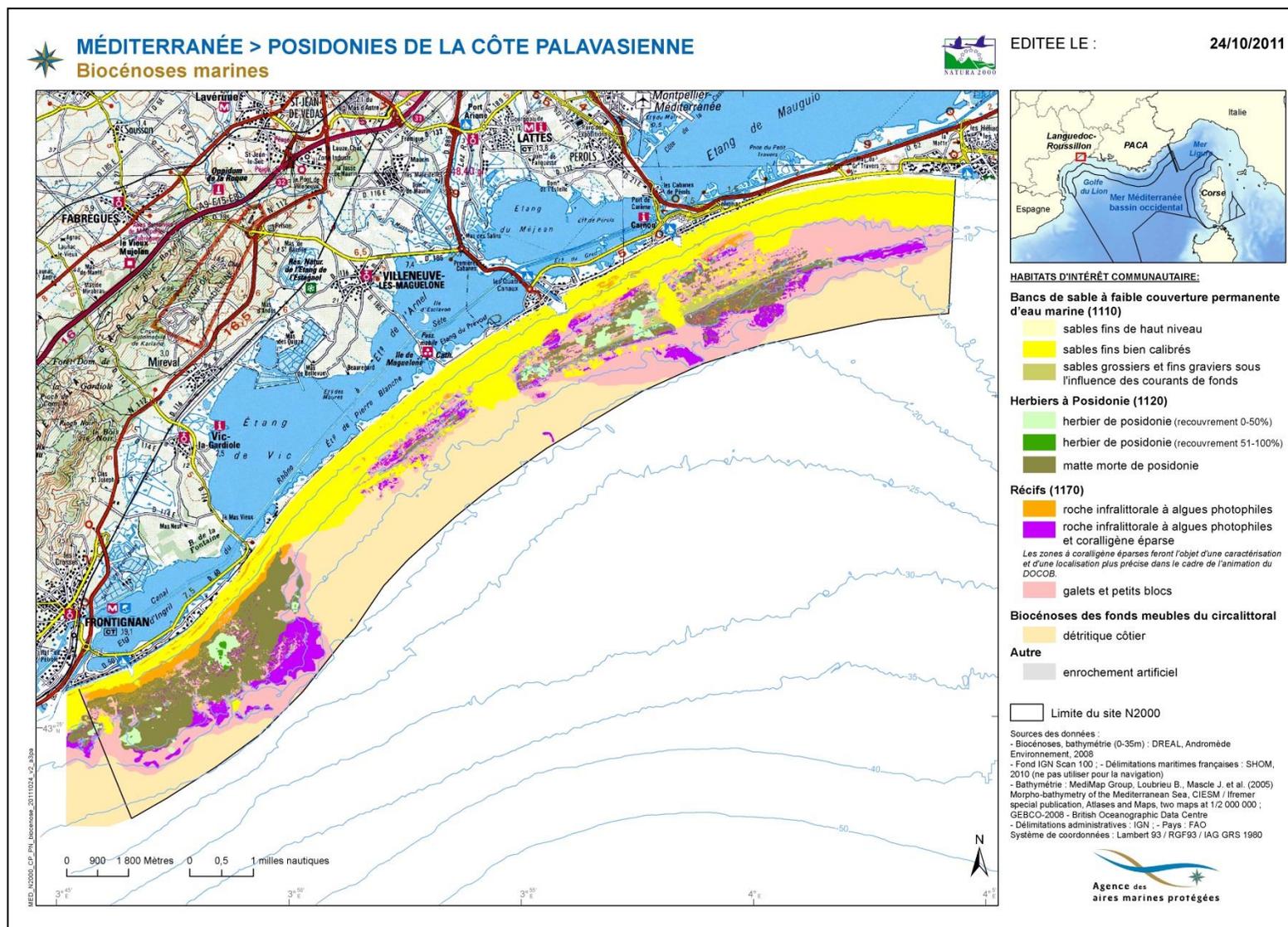


Figure 1: Site Natura 2000 "Posidonies de la côte Palavasienne ».



### 1.5 Objectifs de l'étude

Dans le cadre de la mise en place d'un suivi pluriannuel des herbiers, les gestionnaires des AMP de la région Occitanie, les collectivités territoriales (Conseil Régional, Conseil Départemental 66), les services de l'Etat (DREAL) et l'Agence des Aires Marines Protégées ont engagé un travail de réflexion pour proposer une méthodologie commune de suivi des herbiers de posidonies en tenant compte des dernières avancées technologiques.

Les méthodes du suivi de l'état de conservation retenues dans ce travail d'harmonisation ont été déclinées selon les recommandations du Muséum National d'Histoire Naturelle, afin :

- D'évaluer l'aire de répartition et les surfaces occupées par les herbiers de posidonies, ainsi que leur évolution au cours du temps (stabilité, régression, augmentation)
- D'évaluer l'état de conservation des herbiers de posidonies : structures et fonctions spécifiques nécessaires au maintien à long terme de ces herbiers, ainsi que leur évolution au cours du temps
- D'identifier et évaluer les menaces risquant d'influer sur le bon état de conservation des herbiers et pouvoir prendre les mesures de gestion adaptées.
- D'évaluer éventuellement le statut de conservation des espèces typiques associées aux herbiers.

Cette étude a été effectuée conformément au Guide méthodologique de suivi des herbiers de posidonies en région Occitanie réalisé en 2011 (Blouet *et al.*, 2011). La plupart des mesures qui y sont présentées sont simples à mettre en œuvre et peu coûteuses pour les gestionnaires. Certaines, comme la phénologie et la densité, sont utilisées depuis longtemps et dans de nombreuses études en Méditerranée.

Au sein du site Natura 2000 « Posidonies de la côte Palavasienne », les herbiers de posidonies ont fait l'objet d'un suivi en 2007, 2011 et 2013. Une dynamique a été identifiée et il convient de poursuivre une acquisition de connaissances sur cet habitat, afin d'évaluer son état de conservation.

## 2 Matériel et Méthodes

### 2.1 Cartographie des herbiers par la méthode de télémétrie acoustique

L'objectif est de suivre de façon rapide et précise l'évolution des zones de références de chaque herbier, tous les 2 ans, par des cartographies d'environ 500 m<sup>2</sup>.

La méthode est simple et facilement répliquable ; elle s'opère à l'aide d'un système de positionnement acoustique sous-marin (Descamps *et al.*, 2010). Une base acoustique (AQUA-METRE D100®, PLSM) est placée au centre de la zone d'herbier à cartographier (Figure 3). Sa position est notée précisément (pose d'une marque permanente) pour permettre le retour sur site. La base détecte les signaux d'un pointeur porté par un plongeur (Figure 3). Celui-ci enregistre la position des points importants de la limite de l'herbier. Cette technique permet de contourner l'herbier rapidement avec une série de points. Ces points sont par la suite intégrés à un système d'information géographique (SIG) (MapInfo®), permettant de calculer et de délimiter la surface des herbiers.



Figure 3: Plongeur opérant avec le pointeur de l'Aquamètre D100 à gauche et base de l'Aquamètre D100 à droite.

### 2.2 Analyse de l'état de vitalité de la plante

#### 2.2.1 Mesures phénologiques

La phénologie est l'analyse des feuilles de posidonies renseignant sur la vitalité d'un herbier. Afin d'effectuer des mesures précises, 15 faisceaux ont été prélevés dans chacun des sites (Annexe 2 : Autorisation de prélèvement). Dans cette étude, les mesures phénologiques effectuées sont :

- La densité de l'herbier (mesure *in situ*) :  
La densité est le nombre de faisceaux par m<sup>2</sup> (fscx /m<sup>2</sup>). Ce paramètre est le plus ancien et il est couramment utilisé pour étudier et suivre la vitalité de cette plante. Des quadrats de 20 cm par 20 cm (400 cm<sup>2</sup>) sont utilisés pour mesurer la densité des herbiers, ce qui correspond à la plus petite surface représentative (Panayotidis *et al.*, 1981). Cette taille de quadrat est aussi la plus pratique et rapide à utiliser (Bacci *et al.*, 2015). En effet, malgré un plus grand nombre de quadrats en 20x20 nécessaire pour obtenir un marge d'erreur similaire qu'avec des quadrats plus grands comme des 40x40, il a été estimé un gain de 1/3 de temps (Bacci *et al.*, 2015).

Ce paramètre a l'avantage de présenter peu de variations saisonnières (Pergent *et al.*, 1995). Cependant, des variations annuelles nécessitent d'effectuer un suivi sur le long terme (Romero *et al.*, 2007). Afin d'avoir une mesure précise de la densité d'un herbier, il est important d'augmenter la distance entre les quadrats, pour en limiter la variabilité spatiale.

Au cours de cette étude, les densités mesurées sont comparées aux 3 abaques de Giraud (1977) (Tableau 2), de Pergent-Martini (1994) et de Pergent-Martini & Pergent (2010) (Annexe 3).

**Tableau 2: Abaque de densité de Giraud 1977.**

Classe	Densité des faisceaux	Estimation de densité
1	au-delà de 700 faisceaux /m <sup>2</sup>	Herbier très dense
2	de 400 à 700 faisceaux /m <sup>2</sup>	Herbier dense
3	de 300 à 400 faisceaux /m <sup>2</sup>	Herbier peu dense
4	de 150 à 300 faisceaux /m <sup>2</sup>	Herbier très peu dense
5	de 50 à 150 faisceaux /m <sup>2</sup>	Semi-herbier

- La longueur et largeur des feuilles, la longueur moyenne des feuilles adultes (LgA) (plus de 50 mm avec un pétiole supérieur ou égale à 2mm) et intermédiaires (Lgl) (plus de 50 mm de long, sans pétiole) (Giraud, 1979), ainsi que la largeur des feuilles sont mesurées en laboratoire. La mesure des deux plus grandes feuilles par faisceau, appelées F1 et F2 sera conservée pour une comparaison inter-suivi.
- La surface foliaire (SF) correspond à la surface des feuilles par faisceau (cm<sup>2</sup>/fscx). La méthode utilisée est celle pratiquée par l'IFREMER (Dutrieux *et al.*, en 2006), qui décrit la SF comme : SF = SF adulte + SF intermédiaire, avec SFA = (LgA × largeur moyenne des adultes × nombre de feuilles adultes) et SFI = (Lgl × largeur moyenne des intermédiaires × nombre de feuilles intermédiaires).
- Le « Leaf area index » (LAI) est la surface foliaire par m<sup>2</sup>. C'est une extrapolation de la surface foliaire par faisceau, exprimée en m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.
- Le coefficient A (Coef A) est le pourcentage de feuilles cassées (adultes et intermédiaires), caractéristique de la présence d'herbivores et de l'importance de l'hydrodynamisme (Boudouresque & Meinesz, 1982). Le nombre de feuilles cassées par faisceau est compté sur chaque faisceau de feuilles prélevé.
- 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 aux 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). Ainsi, 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.

**Tableau 3 : Echelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes (Charbonnel et al., 2000 ; Boudouresque et al., 1980 In Boudouresque et al., 2006).**

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

A chaque station, trente mesures (10 x 3 réplicats) sont effectuées. 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).

### 2.2.1 Analyses statistiques

Les données récoltées sont numérisées et traitées dans un tableur. Lorsque les analyses le nécessitent, des tests statistiques sont effectués.

Les différentes variables sont analysées statistiquement et sans interaction pour chaque paramètre. Suite à un test de normalité (Kolmogorov-Smirnov, P value < 0,05) les tests non-paramétriques de Mann-Whitney et de Kruskal-Wallis sont utilisés.

**Tableau 4: Tableau chronologique des paramètres étudiés.**

	2016 / 2015	2013	2011	2007
<b>Densité</b>				
<b>Nb feuilles / faisceaux (Adultes et intermédiaires)</b>				
<b>Longueur F1 et F2</b>				
<b>Coefficient A</b>				
<b>Longueur feuilles</b>				
<b>Largeur feuilles</b>				
<b>Surface foliaire</b>				
<b>LAI</b>				
<b>Déchaussement des rhizomes</b>				

En 2015-2016, les analyses phénologiques (hors densité et déchaussement des rhizomes) ont été réalisées en laboratoire.

## 3 Résultats

---

### 3.1 Cartographie des herbiers par la méthode de télémétrie acoustique

#### 3.1.1 Roc Saint Martin : ROC

Cet herbier est situé à l'Ouest du site Natura 2000 sur 8,5 m de profondeur (Figure 2), à proximité du port de Frontignan. Il est fortement morcelé, et majoritairement constitué de petites taches inférieures au m<sup>2</sup> (Figure 4).

En 2007, 5 bornes ont été mises en place pour la cartographie de l'herbier de posidonies. Puis, lors des suivis de 2011 et 2013, à cause de la régression observée de l'herbier par Andromède océanologie, la zone d'étude a dû être par deux fois modifiée avec notamment l'installation de nouvelles bornes.

En 2015, l'herbier a été cartographié entre 4 bornes retrouvées sur zone. La visibilité ayant été très faible lors des différentes journées de prospection, 2 bornes ont été ajoutées pour mieux quadriller le secteur d'étude (Figure 4). Le positionnement et le repérage de l'ensemble des bornes figurent en Annexe 4.

L'absence de repères dans les cartographies antérieures (orientation, géoréférencement des balises), et qui auraient permis de différencier les bornes, ne nous a pas permis de superposer la cartographie de 2015 avec les précédentes.

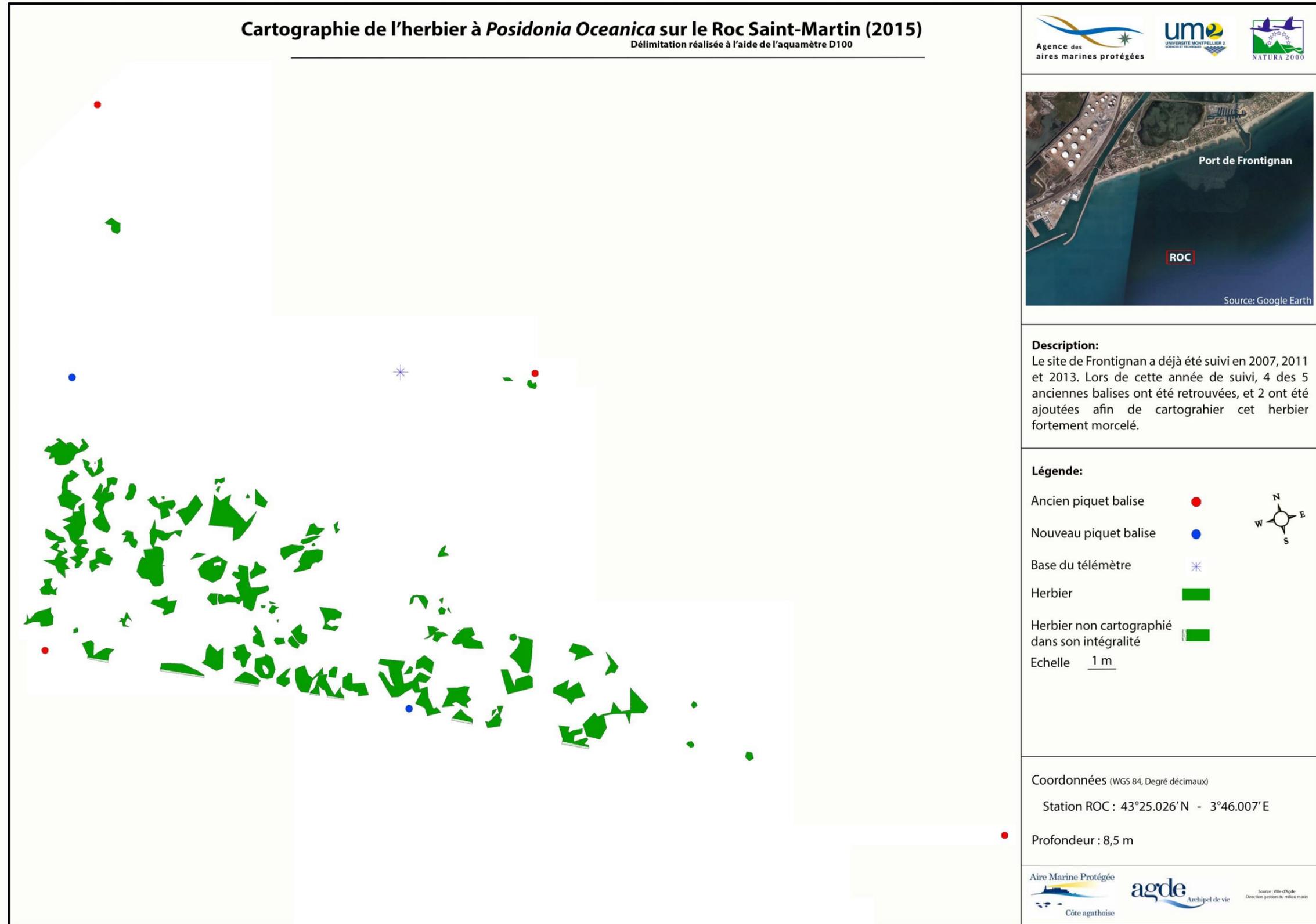


Figure 4: Cartographie de la zone de référence de l'herbier du Roc Saint-Martin.

### 3.1.2 Les Aresquiers : ARE

Cet herbier est situé sur le plateau des Aresquiers par 8,5 m de profondeur (Figure 2). Il est constitué de zones de recouvrement assez conséquentes et dispose de grandes taches de posidonies, contrairement aux deux autres sites (Figure 6).

En 2007, 4 bornes ont été mise en place pour la cartographie de l'herbier de posidonie.

En 2015, 3 des 4 bornes ont été repérées (Figure 6) et une nouvelle borne a été positionnée. Bien que ne disposant pas de repères issus des cartographies antérieures (orientation, géoréférencement des balises) la morphologie caractéristique de certaines taches a permis une comparaison du recouvrement par superposition de la cartographie de 2015 avec celles de 2007 et 2013 (Figure 7 ; Figure 8) .



**Figure 5: Cartographie de l'herbier des Aresquiers par télémétrie acoustique.**

L'analyse de l'évolution du recouvrement entre 2007 et 2015 montre que l'herbier a progressé avec la fusion de plusieurs taches. Une seule zone de régression notable a été observée, au centre d'une grande tache de posidonies en 2015 (Figure 7).

En dépit de la fusion de quelques taches, la morphologie globale de l'herbier de posidonie est sensiblement la même.

De 2013 à 2015, l'analyse du recouvrement tend à montrer d'importantes zones de régression (Figure 8).. Cependant, en considérant la cartographie de 2007, il semble plus probable que la majorité de ces secteurs de régression soient due à l'absence de cartographie des intermattes lors du suivi 2013(Figure 7 ; Figure 8 )

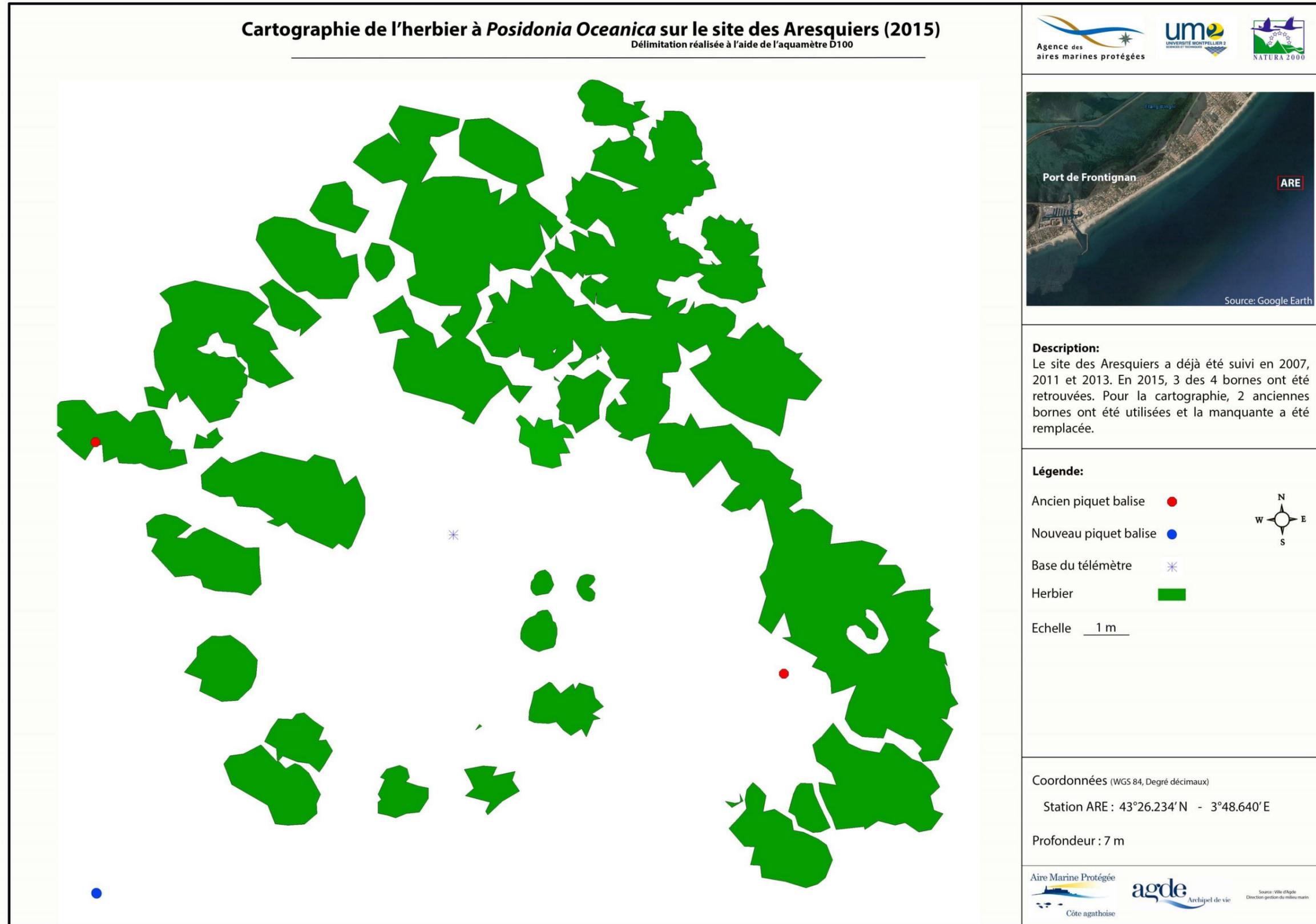


Figure 6: Cartographie de la zone de référence de l'herbier des Aresquiers.

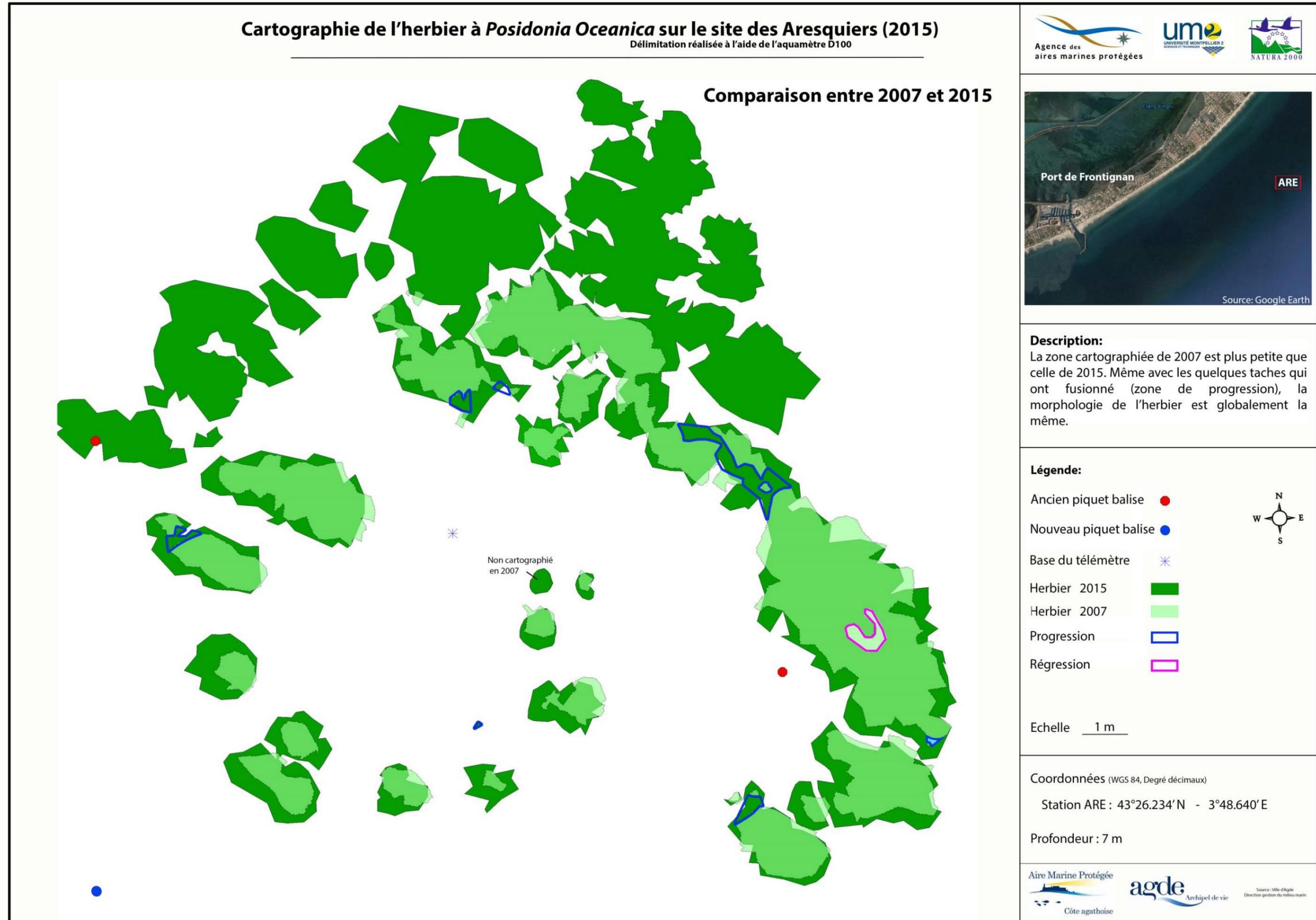


Figure 7: Comparaison des cartographies de 2007 et 2015 de la zone de référence de l'herbier des Aresquiers.

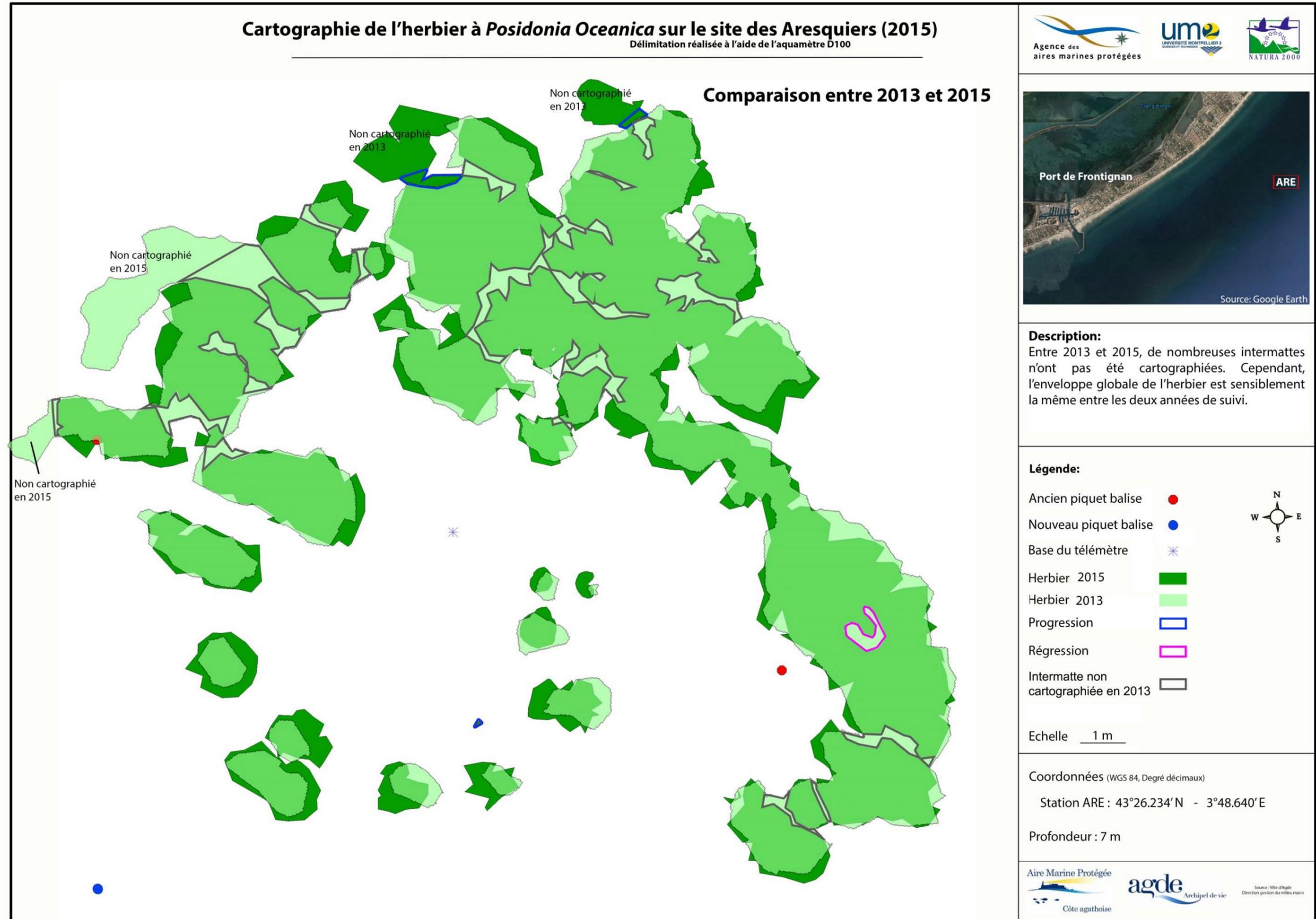


Figure 8: Comparaison des cartographies de 2013 et 2015 de la zone de référence de l'herbier des Aresquiers.

### 3.1.3 Palavas Est : PALE

Cet herbier est situé à l'Est du site Natura 2000 sur 10 m de profondeur (Figure 2), à proximité de la Ville de la Grande-Motte. Il est fortement morcelé, et majoritairement constitué de petites taches inférieures au m<sup>2</sup> (Figure 9).

En 2007, 4 bornes distancées d'environ 20 m ont été mises en place pour la cartographie de l'herbier de posidonies (Delaruelle & Holon, 2013).

En 2015, 12 bornes ont été répertoriées sur le secteur d'étude. L'impossibilité de différencier les 4 bornes du premier suivi et les évolutions du recouvrement de l'herbier depuis 2013, ne nous ont pas permis de retrouver la zone de référence.

Ainsi, un nouveau quadrillage a été installé avec de nouvelles bornes. Ces dernières ont néanmoins été positionnées au centre des 12 anciennes bornes. Le positionnement et le repérage de l'ensemble des bornes figurent en Annexe 4 (Figure 9).

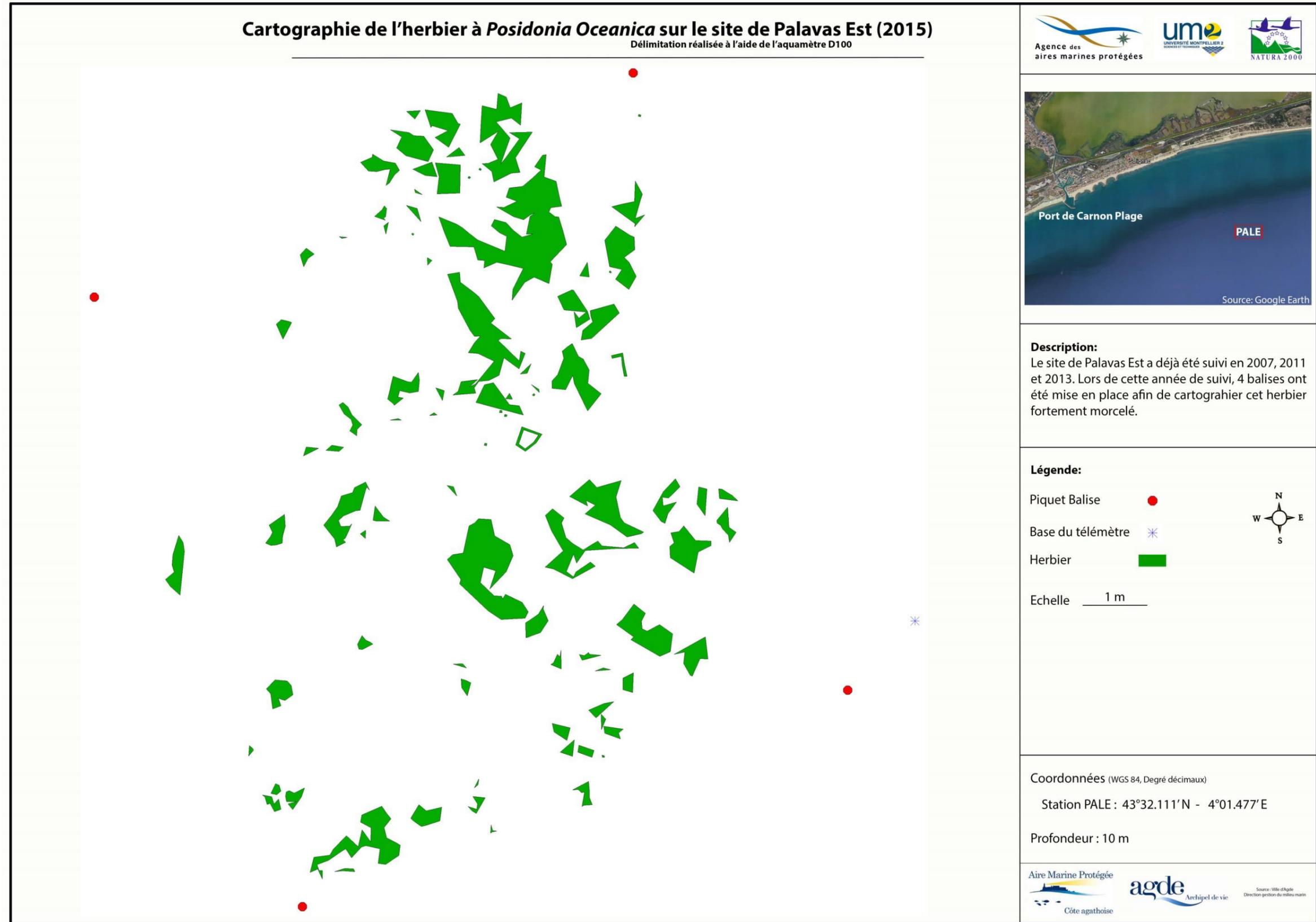


Figure 9: Cartographie de la zone de référence de l'herbier de Palavas Est.

### 3.2 Analyse de l'état de vitalité de la plante

#### 3.2.1 Roc Saint Martin : ROC

Tableau 5: Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier du Roc Saint Martin entre 2007 et 2015.

Roc Saint Martin	2015		2013		2011		2007	
	Moyenne	Ecart type						
Densité des faisceaux (nb de fscx /m <sup>2</sup> )	396,7	85,5	328,3	57,9	227,8	80	227,5	65,8
Déchaussement (cm)	1,17	0,59	1	0,81	-0,5	0,84	-0,37	1,22
Longueur moyenne des F1 (cm)	32,8	8,23	29,3	5,24	/	/	/	/
Longueur moyenne des F2 (cm)	26,4	6,28	7,2	2,8	/	/	/	/
Longueur moyenne des feuilles (cm)	23,25	4,9	/	/	/	/	/	/
Largeur moyenne des feuilles (cm)	0,99	0,06	/	/	/	/	/	/
Surface foliaire moyenne /faisceaux (cm <sup>2</sup> /fscx)	128,2	38,5	/	/	/	/	/	/
LAI (m <sup>2</sup> de feuille /m <sup>2</sup> d'herbier)	3,2	2,9	/	/	/	/	/	/
Nb de feuille /faisceaux	5,5	0,6	/	/	/	/	/	/
Nb de feuille juvénile /faisceaux	0,6	0,5	/	/	/	/	/	/
Coefficient A (%)	74,4	12,3	/	/	/	/	/	/

Le traitement statistique des données n'a pu être possible que pour les années 2007-2011-2015. Les données de l'année 2013 ne nous ont pas été transmises, à l'exception des données traitées présentes dans le rapport : Delaruelle & Holon, 2013.

Depuis le premier suivi de 2007, les valeurs de densité ne sont pas stables (comparaison multiple Kruskal-Wallis, Tableau 6,

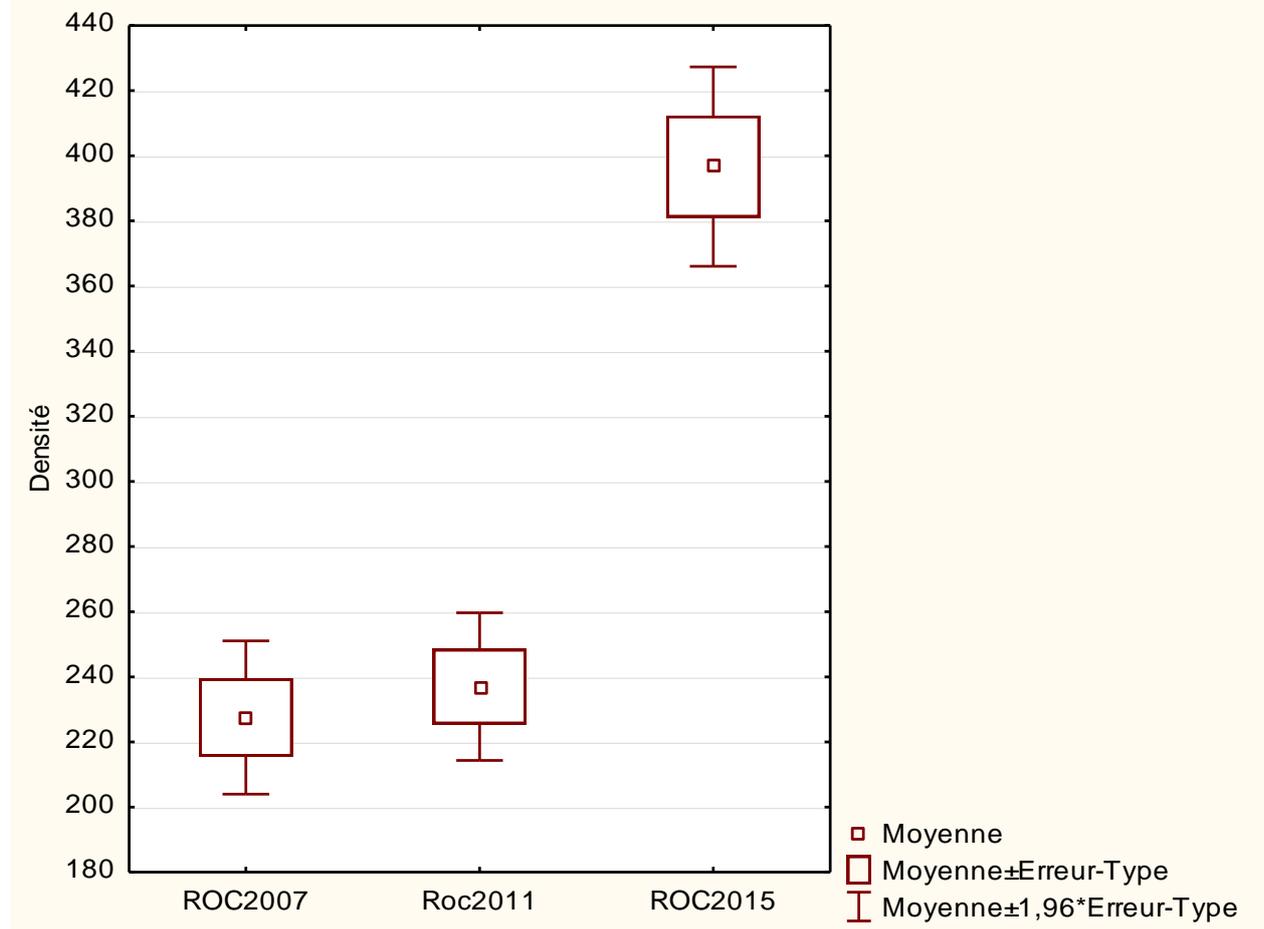


Figure 10). De 2007 à 2011, les densités sont similaires puis elles augmentent en 2015. L'analyse statistique n'a pas pu être effectuée sur les données de 2013, cependant, la densité moyenne relevée en 2013 semble plus importante que 2011 et plus faible que 2015 (Tableau 5).

De 2007 à 2015, la densité varie entre 227 faisceaux/m<sup>2</sup> et 396 faisceaux/m<sup>2</sup>.

**Tableau 6: Comparaison multiple Kruskal-Wallis de la densité sur le site du ROC entre 2007-2015, en rouge différence significative P<0,05.**

	Valeurs z des comp. multiples ; Var2 (Feuille de données1 Var. indépendante (classement) : Var1 Test de Kruskal-Wallis : H ( 2, N= 110) =45,69579 p =,000		
Dépend. : Var2 :	ROC2007 R:40,233	Roc2011 R:44,660	ROC2015 R:88,833
ROC2007		0,60091'	5,900852'
Roc2011	0,60091'		5,996441'
ROC2015	5,900852'	5,996441'	

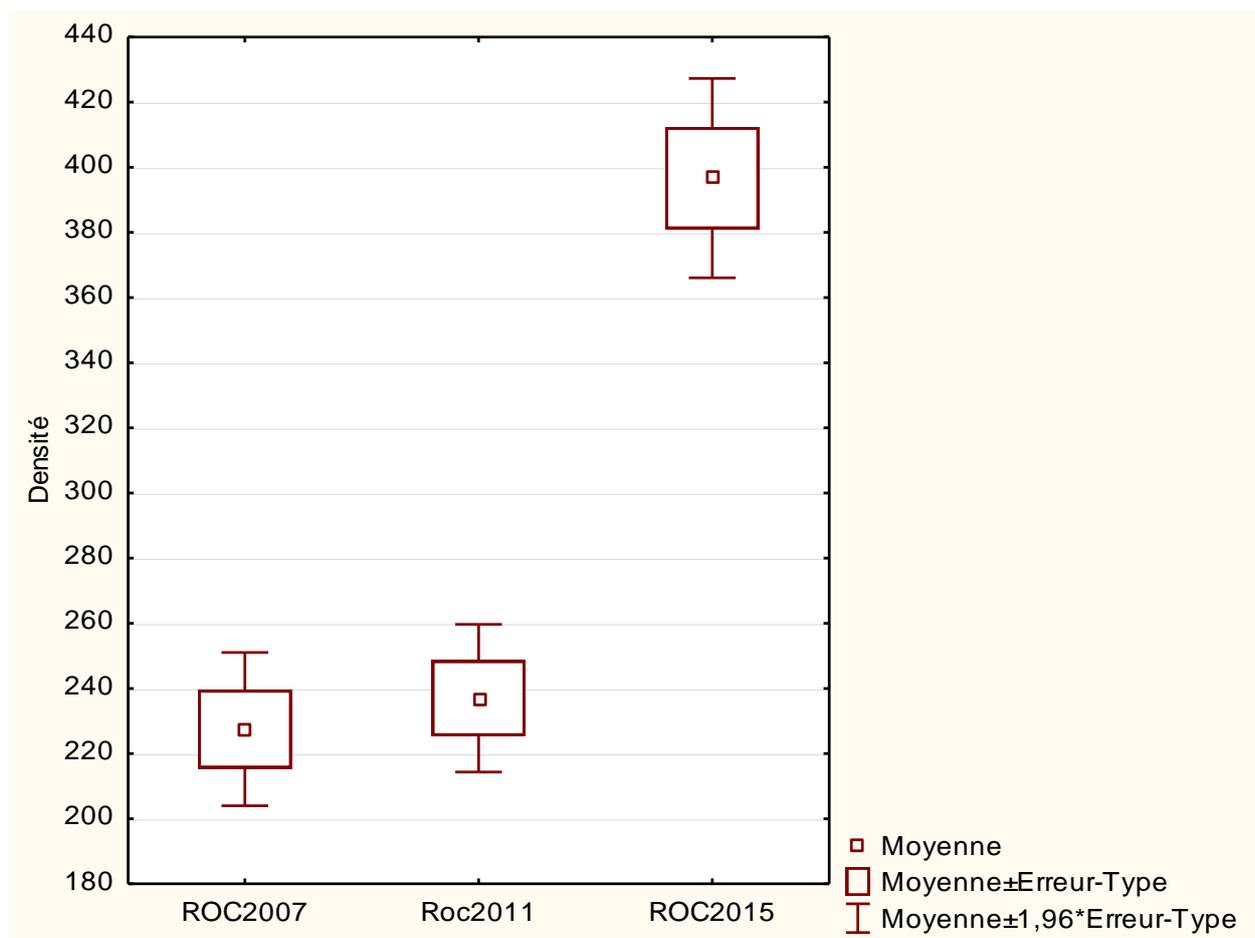


Figure 10: Densité moyenne du site du ROC en 2007, 2011 et 2015.

Lors des suivis réalisés par l'association Voile de Neptune en 2011 et 2013, les densités observées sur un site situé à 150 m de celui-ci, étaient respectivement de 287 faisceaux/m<sup>2</sup> et 352,4 faisceaux/m<sup>2</sup> (Cantou *et al.*, 2011 ; Cantou *et al.*, 2013).

Depuis 2011, l'état de cet herbier semble s'améliorer d'après l'abaque de Pergent-Martini et Pergent, 2010 (Tableau 7).

Tableau 7 : Classement de la densité du ROC selon les abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.

Classification densité	2007	2011	2013	2015
Pergent-Martini & Pergent 2010	Mauvais	Mauvais	Médiocre	Médiocre
Pergent-Martini 1994	DA	DA	DSI	DSI
Giraud	Stade 4 Très peu dense	Stade 4 Très peu dense	Stade 3 Peu dense	Stade 3 Peu dense

Le **déchaussement** des rhizomes est faible au sein de la zone d'étude. De 2007 à 2011, celui-ci est resté stable mais avec des valeurs négatives (Delaruelle & Holon, 2013), il est possible

que ce soit le signe d'un léger ensablement (Tableau 8). Puis le déchaussement est significativement plus important en 2015 par rapport à 2011 (Tableau 8). L'analyse statistique n'a pas pu être effectuée sur les données de 2013, cependant, le déchaussement moyen relevé en 2013 est proche de celui de 2015 (Tableau 5).

**Tableau 8 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis du déchaussement sur le site du ROC entre 2007-2015, en rouge différence significative P<0,05.**

Dépend. : Var5	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var5 (Feuille de donnée: Var. indépendante (classement) : ROC Test de Kruskal-Wallis: H ( 2, N= 95) =31,80040 p =,000		
	ROC 2007 R:43,683	ROC 2011 R:40,050	ROC 2015 R:83,133
ROC 2007		1,000000	0,000018
ROC 2011	1,000000		0,000000
ROC 2015	0,000018	0,000000	

La longueur moyenne des feuilles F1 semble similaire entre les années 2013 et 2015 (Tableau 5). Concernant les feuilles F2, la longueur moyenne de 2011 est beaucoup plus faible que celle de 2015 (Tableau 5). Cependant, compte tenu de la forte variabilité de cette donnée, due aux pressions biotique (broutage) et abiotique (Phénomènes hydrodynamique), il est important de bénéficier d'un recul de plusieurs années afin de mieux apprécier ce paramètre.

En 2011 et 2013, des mesures du coefficient A ont été réalisées lors du suivi effectué par le Voile de Neptune (Cantou *et al.*, 2011 ; Cantou *et al.*, 2013). Avec des coefficients A moyens de 32% en 2011 et 38% en 2013, ces valeurs sont plus faibles que celles mesurées en 2015 avec en moyenne 74,4% ( $\pm 12,3$ ). Cependant, contrairement aux années précédentes, en 2015 les mesures ont été réalisées en laboratoire, ces deux valeurs sont donc précisées uniquement à titre indicatif.

### 3.2.1 Les Aresquiers : ARE

Tableau 9 : Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier des Aresquiers entre 2007 et 2015.

Les Aresquiers	2015		2013		2011		2007	
	Moyenne	Ecart type						
Densité des faisceaux (nb de fscx /m <sup>2</sup> )	654,2	150,9	342,5	72,8	358,8	98,6	366,4	111,9
Déchaussement (cm)	1,57	0,4	0,45	0,52	-0,32	2,26	-0,51	1,44
Longueur moyenne des F1 (cm)	49,1	10,32	41,2	9,4	/	/	/	/
Longueur moyenne des F2 (cm)	41,8	10,14	37	9,4	/	/	/	/
Longueur moyenne des feuilles (cm)	33,4	3,9	/	/	/	/	/	/
Largeur moyenne des feuilles (cm)	1,04	0,03	/	/	/	/	/	/
Surface foliaire moyenne /faisceaux (cm <sup>2</sup> /fscx)	196	36,9	/	/	/	/	/	/
LAI (m <sup>2</sup> de feuille /m <sup>2</sup> d'herbier)	7,3	6,3	/	/	/	/	/	/
Nb de feuille /faisceaux	5,7	0,6	/	/	/	/	/	/
Nb de feuille juvénile /faisceaux	0,8	0,4	/	/	/	/	/	/
Coefficient A (%)	64,9	16,5	/	/	/	/	/	/

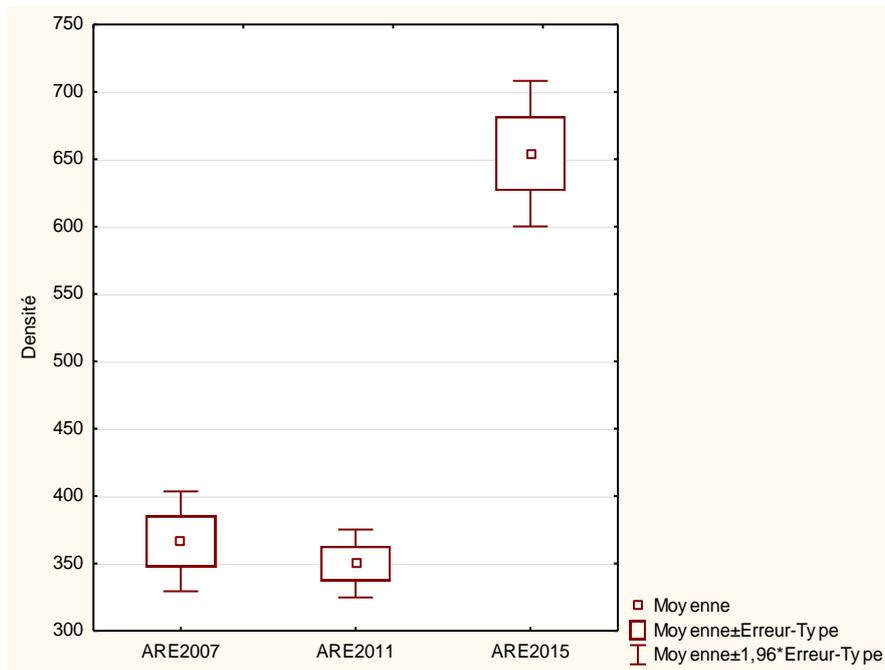
Le traitement statistique des données n'a pu être possible que pour les années 2007-2011-2015. Les données de l'année 2013 ne nous ont pas été transmises, à l'exception des données traitées présentées dans le rapport : Delaruelle & Holon, 2013.

Depuis le premier suivi de 2007, les valeurs de densité ne sont pas stables (Comparaison multiple Kruskal-Wallis, Tableau 10 ; Figure 11). De 2007 à 2011, les densités sont similaires, puis elle augmente jusqu'en 2015. L'analyse statistique n'a pas pu être effectuée sur les données de 2013, cependant, la densité moyenne relevée en 2013 semble similaire aux données de 2011 et 2007 (Tableau 10).

La densité entre 2007 et 2015 fluctue entre 342,5 faisceaux/m<sup>2</sup> et 654 faisceaux/m<sup>2</sup>.

**Tableau 10 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis de la densité sur le site des Aresquiers entre 2007-2015, en rouge différence significative P<0,05.**

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var2 (Feuille de données) Var. indépendante (classement) : Var1 Test de Kruskal-Wallis : H ( 2, N= 115) =56,87626 p =,000			
Dépend. : Var2	ARE2007 R:47,014	ARE2011 R:42,150	ARE2015 R:97,233
ARE2007		1,000000	0,000000
ARE2011	1,000000		0,000000
ARE2015	0,000000	0,000000	



**Figure 11: Densité moyenne du site des Aresquiers en 2007, 2011 et 2015.**

Lors des suivis réalisés par l'association Voile de Neptune en 2011 et 2013, les densités observées sur un site situé à 2,2 km de celui-ci, étaient respectivement de 361 faisceaux/m<sup>2</sup> et 319 faisceaux/m<sup>2</sup> (Cantou *et al.*, 2011 ; Cantou *et al.*, 2013).

Depuis 2015, l'état de cet herbier semble s'être amélioré d'après l'abaque de Pergent-Martini et Pergent, 2010 (Tableau 11).

Cependant, au vu de cette importante évolution, il convient de disposer de plus de recul dans les données afin de mieux apprécier l'état de cet herbier.

**Tableau 11: Classement de la densité des Aresquiers selon les abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.**

Classification densité	2007	2011	2013	2015
Pergent-Martini & Pergent 2010	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Bon
Pergent-Martini 1994	DA	DSI	DSI	DN
Giraud	Stade 3 Peu dense	Stade 3 Peu dense	Stade 3 Peu dense	Stade 2 Dense

Le déchaussement des rhizomes est faible au sein de la zone d'étude. De 2007 à 2011, celui-ci est resté stable mais avec des valeurs négatives (Delaruelle & Holon, 2013), il est possible que ce soit le signe d'un léger ensablement (Palavas est : PALE

Tableau 13). Le déchaussement est significativement plus important en 2015 par rapport à 2011 (Tableau 13).

L'analyse statistique n'a pas pu être effectuée sur les données de 2013, cependant, le déchaussement moyen relevé en 2013 est proche de celui de 2015 (Tableau 10).

**Tableau 12 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis du déchaussement sur le site des Aresquiers entre 2007-2015, en rouge différence significative P<0,05.**

Dépend. : Var2	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var2 (Feuille de donnée: Var. indépendante (classement) : ARE Test de Kruskal-Wallis : H ( 2, N= 100) =18,71997 p =,000		
	ARE 2007 R:44,000	ARE 2011 R:46,250	ARE 2015 R:79,833
ARE 2007		1,000000	0,000188
ARE 2011	1,000000		0,000253
ARE 2015	0,000188	0,000253	

La longueur moyenne des feuilles F1 et F2 sont proches entre les années 2013 et 2015 (Tableau 9). Cependant, compte tenu de la forte variabilité de cette donnée, due aux pressions biotique (broutage) et abiotique (Phénomènes hydrodynamique), il est important de bénéficier d'un recul de plusieurs années afin de mieux apprécier ce paramètre.

En 2011 et 2013, des mesures du coefficient A ont été réalisées lors du suivi effectué par le Voile de Neptune (Cantou *et al.*, 2011 ; Cantou *et al.*, 2013). Avec des coefficients A moyens de 22% en 2011 et 23% en 2013, ces valeurs sont plus faibles que celles mesurées en 2015 avec en moyenne 64,9% ( $\pm 16,5$ ).

Cependant, contrairement aux années précédentes, en 2015 les mesures ont été réalisées en laboratoire, ces deux valeurs sont donc précisées uniquement à titre indicatif.

3.2.1 Palavas est : PALE

Tableau 13 : Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier de Palavas Est entre 2007 et 2015.

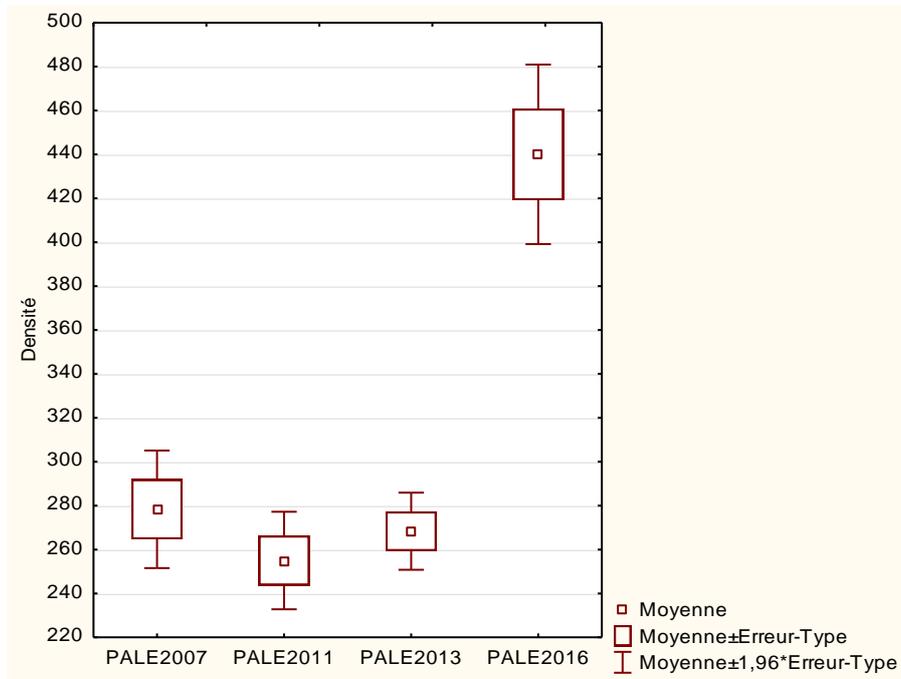
Palavas est	2016		2013		2011		2007	
	Moyenne	Ecart type						
Densité des faisceaux (nb de fscx /m <sup>2</sup> )	440	114,2	268	49,1	255	61	278,3	74,7
Déchaussement (cm)	0,07	0,7	1,01	0,94	-0,07	1,05	0,03	0,72
Longueur moyenne des F1 (cm)	36,6	8,61	46,3	8,9	/	/	/	/
Longueur moyenne des F2 (cm)	32,9	7,79	38	9,4	/	/	/	/
Longueur moyenne des feuilles (cm)	26	6,74	/	/	/	/	/	/
Largeur moyenne des feuilles (cm)	0,95	0,08	/	/	/	/	/	/
Surface foliaire moyenne /faisceaux (cm <sup>2</sup> /fscx)	131,3	50,7	/	/	/	/	/	/
LAI (m <sup>2</sup> de feuille /m <sup>2</sup> d'herbier)	6,2	2,2	/	/	/	/	/	/
Nb de feuille /faisceaux	5,2	1,1	/	/	/	/	/	/
Nb de feuille juvénile /faisceaux	0,7	0,5	/	/	/	/	/	/
Coefficient A (%)	74,1	19,9	/	/	/	/	/	/

Depuis le premier suivi de 2007, les valeurs de densité ne sont pas stables (Tableau 13 ; Tableau 14 ; Figure 12). De 2007 à 2013, les densités sont similaires, puis elle augmente jusqu'en 2016.

La densité entre 2007 et 2016 fluctue entre 255 faisceaux/m<sup>2</sup> et 440 faisceaux/m<sup>2</sup>.

**Tableau 14 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis de la densité sur le site de Palavas Est entre 2007-2016, en rouge différence significative P<0,05.**

Dépend. : Var5	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var5 (Feuille de données) Var. indépendante (classement) : Var4 Test de Kruskal-Wallis : H ( 3, N= 120) =43,23855 p =,000			
	PALE2007 R:53,033	PALE2011 R:44,750	PALE2013 R:48,100	PALE2016 R:96,117
PALE2007		1,000000	1,000000	0,000010
PALE2011	1,000000		1,000000	0,000000
PALE2013	1,000000	1,000000		0,000000
PALE2016	0,000010	0,000000	0,000000	



**Figure 12: Densité moyenne du site de Palavas Est en 2007, 2011, 2013 et 2016.**

Depuis 2016, l'état de cet herbier semble s'être amélioré d'après l'abaque de Pergent-Martini et Pergent, 2010 (Tableau 11). Cependant, au vu de cette importante évolution, il convient de disposer de plus de recul dans les données afin de mieux apprécier l'état de cet herbier.

**Tableau 15: Classement de la densité du site de Palavas Est selon les abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.**

Classification densité	2007	2011	2013	2016
Pergent-Martini & Pergent 2010	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Normal
Pergent-Martini 1994	DSI	DSI	DSI	DN
Giraud	Stade 4 Très peu dense	Stade 4 Très peu dense	Stade 4 Très peu dense	Stade 2 Dense

Le déchaussement des rhizomes est faible au sein de la zone d'étude. De 2007 à 2011, celui-ci est resté stable, il est possible que ce soit le signe d'un léger ensablement (Delaruelle & Holon, 2013 (Tableau 16)). Le déchaussement est significativement plus important en 2013, avant de diminuer en 2015 pour redevenir similaire aux deux premières années (Tableau 16).

**Tableau 16 : Comparaison multiple Kruskal-Wallis du déchaussement sur le site de Palavas Est entre 2007-2015, en rouge différence significative P<0,05.**

Dépend. : Var8	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Var8 (Feuille de donnée: Var. indépendante (classement) : PALE Test de Kruskal-Wallis : H ( 3, N= 111) =26,04498 p =,000			
	PALE 2007 R:47,300	PALE 2011 R:42,933	PALE 2013 R:76,944	PALE 2015 R:49,267
PALE 2007		1,000000	0,001169	1,000000
PALE 2011	1,000000		0,000115	1,000000
PALE 2013	0,001169	0,000115		0,030843
PALE 2015	1,000000	1,000000	0,030843	

La longueur moyenne des feuilles F1 et F2 (Tableau 13). Cependant, compte tenu de la forte variabilité de cette donnée, due aux pressions biotique (broutage) et abiotique (phénomènes hydrodynamiques), il est important de bénéficier d'un recul de plusieurs années afin de mieux apprécier ce paramètre.

## 4 Discussion et conclusion

---

### 4.1 Cartographie des herbiers par la méthode de télémétrie acoustique : suivi du recouvrement

Le suivi de 2015-2016 a été l'occasion d'actualiser et de réaliser de nouvelles cartographies des 3 zones de référence.

Pour des raisons de localisation des zones de références (absence de géo référencement des repères, absence d'orientation des cartes), les cartographies des sites du Roc Saint-Martin et de Palavas Est de 2015-2016 n'ont pas pu être comparées avec les années précédentes.

Entre 2007 et 2013, l'herbier du Roc Saint-Martin composé de petites taches a montré des signes de régression qui ont nécessité la modification du secteur d'étude (Delaruelle & Holon, 2013). L'étude de 2015 met en évidence de la même façon un herbier composé de petites taches et peu dense. Le recul des années qui sera acquis par les suivis ultérieurs, permettra de mettre en évidence si cet herbier est bien en régression, ou s'il perdure sous la forme de petites taches peu denses, face à des conditions biotiques ou abiotiques pouvant être peu favorables à un développement plus important.

Sur la zone de l'herbier des Aresquiers, il avait été mis en évidence une progression de l'herbier entre 2007 et 2013 (Delaruelle & Holon, 2013). Cependant, en considérant les cartographies de 2007 et de 2015, et la différence dans la prise de mesures cartographiques en 2013 (intermattes vraisemblablement non cartographiées), il convient de pondérer ce constat. Certes, des zones de progression ont été mises en évidence entre les cartographies de 2007 et 2015, ainsi qu'entre 2013 et 2015, avec la fusion de nombreuses taches, mais certaines taches ont régressé également.

### 4.2 Analyse de l'état de vitalité de la plante

L'herbier du Roc Saint-Martin met en évidence une augmentation de la densité depuis le premier suivi. De 2007 à 2011, l'herbier était jugé comme dans un état « mauvais » d'après l'abaque de Pergent-Martini & Pergent en 2010 (Annexe 3). Puis en 2013 et 2015, sa densité augmente classifiant l'herbier à un état dit « médiocre ».

Cet herbier se compose de petites feuilles, avec, pour 2013 et 2015 une longueur moyenne de la plus grande feuille de respectivement 29 cm et 32 cm.

L'analyse de ces deux paramètres et de la cartographie, évoque un herbier avec une faible vitalité. Cependant, en considérant son biotope et les infrastructures à proximité (Ports de Sète et de Frontignan), il est possible que cet herbier ne soit pas en mesure de se développer davantage. Seul un suivi sur le long terme pourra permettre de mieux comprendre sa dynamique, tout en intégrant les variations interannuelles naturelles des paramètres étudiés.

L'herbier des Aresquiers met en évidence une augmentation de la densité depuis le premier suivi. De 2007 à 2013, l'herbier était jugé dans un état « médiocre » d'après l'abaque de Pergent-Martini & Pergent en 2010 (Annexe 3). Puis en 2015, sa densité augmente classant l'herbier dans un état dit « bon ».

Cet herbier se compose de longues feuilles. En 2013 et 2015, la longueur moyenne de la plus grande feuille est respectivement de 41 cm et 43 cm.

L'analyse de ces deux paramètres et de la cartographie, montre un herbier avec une bonne vitalité. Cependant, seul un suivi sur le long terme pourra permettre de mieux comprendre sa dynamique, tout en intégrant les variations interannuelles naturelles des paramètres étudiés.

L'herbier de Palavas Est met en évidence une augmentation de la densité depuis le premier suivi. De 2007 à 2013, l'herbier était jugé dans un état « médiocre » d'après l'abaque de Pergent-Martini & Pergent en 2010 (Annexe 3). Puis en 2016, sa densité augmente classifiant l'herbier dans un état dit « normal ».

Cet herbier met aussi en évidence des feuilles moyennes, avec pour 2013 et 2015 une longueur moyenne de la plus grande feuille de respectivement 47 cm et 37 cm. Cependant, seul un suivi sur le long terme pourra permettre de mieux comprendre sa dynamique, tout en intégrant les variations interannuelles naturelles des paramètres étudiés.

### Analyse historique des données des densités.

Une analyse bibliographique a été réalisée sur les données de densité pour les trois sites d'études.

Pour le site du Roc St martin, on observe une baisse importante de la densité entre 2004 et 2007, puis une stabilité entre 2007 et 2015.

Pour le site des Aresquiers, on observe également une forte baisse de la densité entre 2004 et 2007. Par contre, il est difficile de statuer sur la vitalité de l'herbier entre 2007 et 2015 car on observe une forte variabilité des données entre les opérateurs.

Pour le site de Palavas, aucune donnée antérieure à 2007 n'a pu être recensée, on ne peut donc pas, à l'instar des deux autres sites, observer s'il y a eu également une tendance à la diminution de la densité avant 2007. Entre 2007 et 2015, la tendance est à la stabilité voire à l'augmentation en 2015.

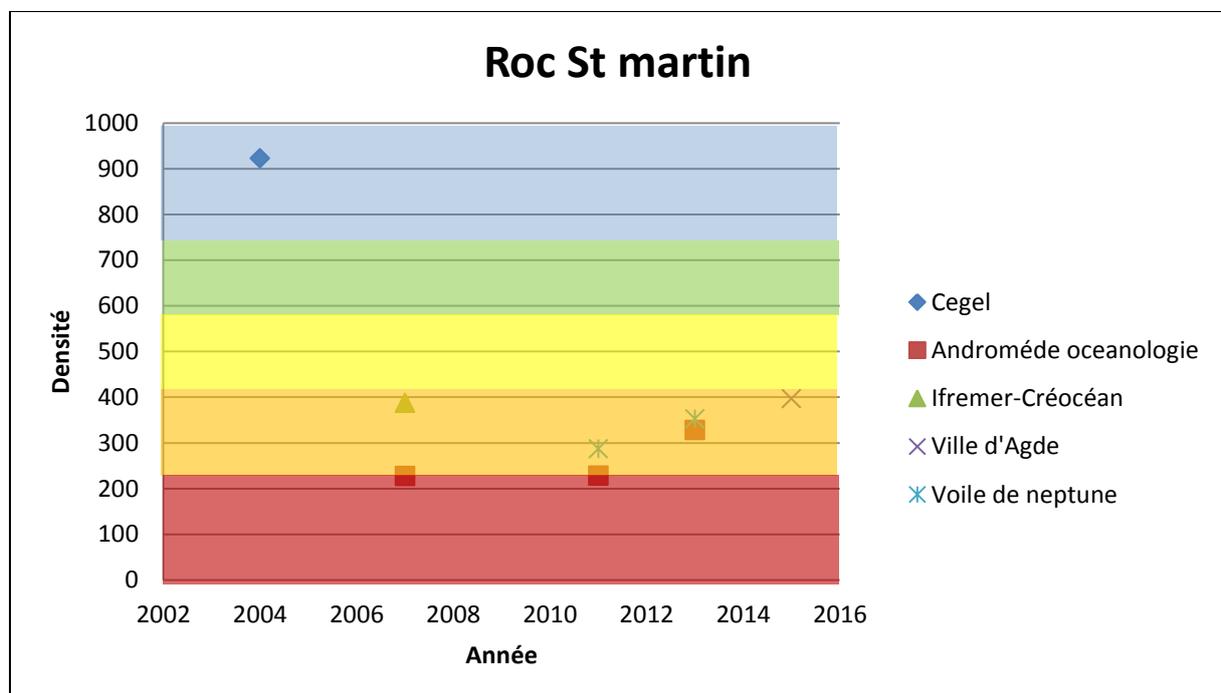


Figure 13: Densité pour le site du Roc St Martin entre 2004 et 2015, classée selon le code couleurs de l'abaque de Pergent et al, 2008 et Pergent-Martini et al., 2010.

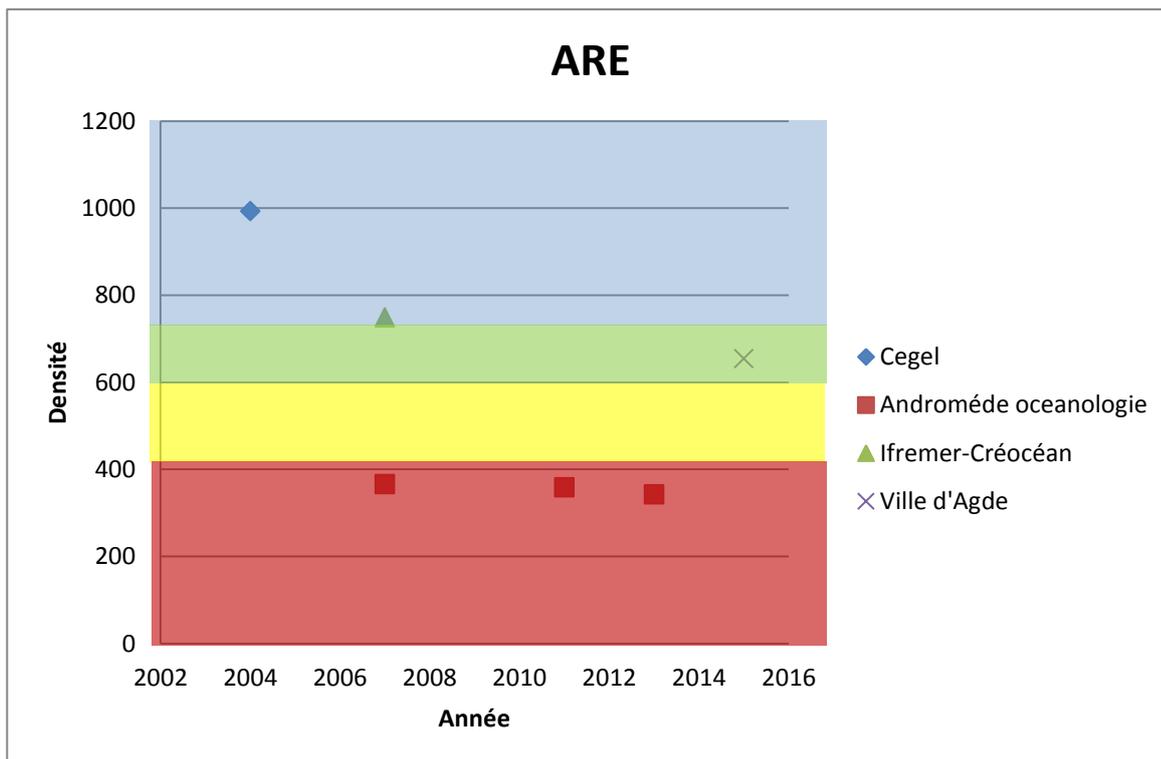


Figure 14: Densité pour le site des Aresquiers entre 2004 et 2015, classée selon le code couleurs de l'abaque de Pergent et al, 2008 et Pergent-Martini et al., 2010.

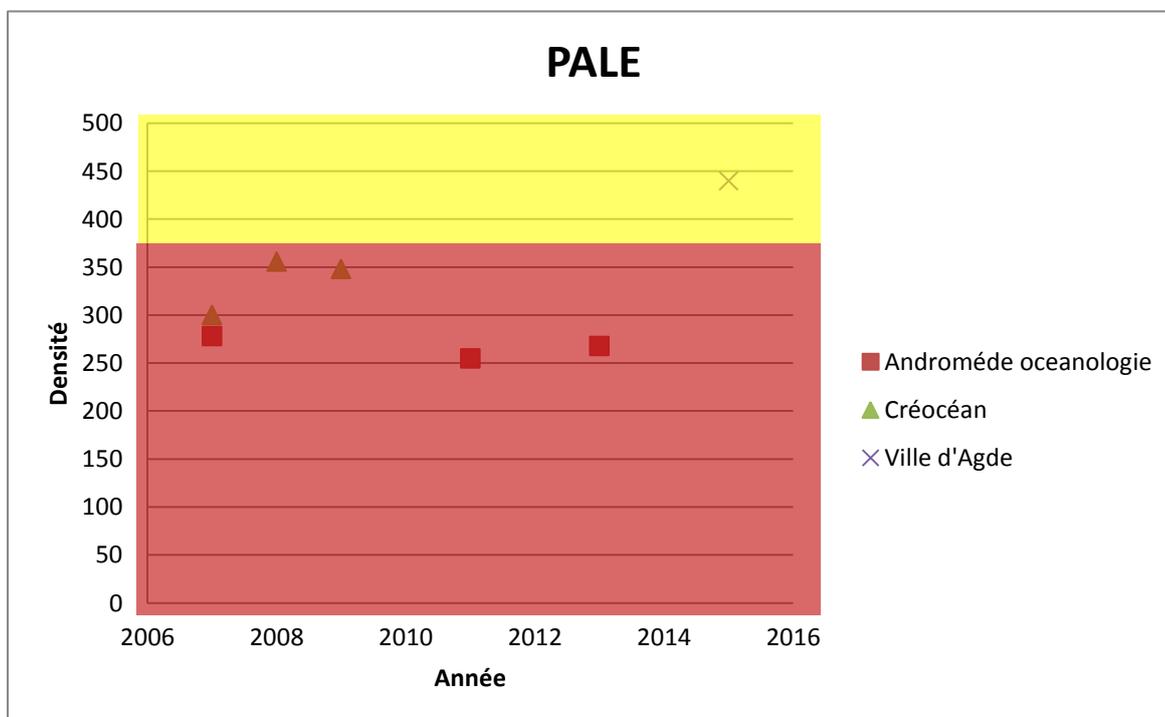


Figure 15: Densité pour le site de Palavas entre 2006 et 2016, classée selon le code couleurs de l'abaque de Pergent et al, 2008 et Pergent-Martini et al., 2010.

## 5 Bibliographie

---

Ardizzone G.D., Pelusi P. 1984. Yield and damage evaluation of bottom trawling on *Posidonia* meadows. International Workshop *Posidonia oceanica* beds, Boudouresque C. F., JEUDY DE GRISSAC A. & OLIVIER J. edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 63-72.

Astier J.M. 1984. Impact des aménagements littoraux de la rade de Toulon, liés aux techniques d'endigage, sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. International Workshop *Posidonia oceanica* beds, BOUDOURESQUE C. F., JEUDY DE GRISSAC A. & OLIVIER J. edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 255-259.

Bacci T., Francesco Rende S., Rocca D., Scalise S., Cappa P., Scardi M. 2015. Optimizing *Posidonia oceanica* (L.) Delile shoot density: Lessons learned from a shallow meadow. *Ecological indicator* 58: 199-206.

Badalamenti F., Di Carlo G., D'Anna G., Gristiana M., Toccaceli M. 2006. Effects of dredging activities on population dynamics of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Mediterranean sea: the case study of Capo Feto (SW Sicily, Italy). *Hydrobiologia*, 555: 253-261.

Balat D., Bertocci I., Piazzini L., Nesti U. 2008. Comparison between epiphyte assemblages of leaves and rhizomes of the seagrass *Posidonia oceanica* subjected to different levels of anthropogenic eutrophication. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 533-540.

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 Posidonie au sein des sites Natura 2000 marins en Languedoc-Roussillon. Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD-CG66-AAMP, Fr 52 PP.

Blouet S., Dupuy de la Grandrive R., Foulquié M., Ruiz A. 2005. L'herbier à *Posidonia oceanica* dans le site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » Agde, Hérault : Bilan de la dynamique des herbiers entre 2001 et 2005. ADENA publ. 15 PP.

Borg J.A., Attrill M.J., Rowden A. A., Schembri P.J., Jones M.B. 2002. A quantitative technique for sampling motile macroinvertebrates in beds of the seagrass *Posidonia oceanica* L. Delile. *Scientia Marina*, 66 : 53-58.

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*. Accord RAMOGE publ., 204 PP.

Boudouresque C. F., Meinesz A., Ledoyer M., Vitiello P. 1994. Les herbiers à Phanérogames marines. In : Les biocénoses marines et Littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Bellan-Santini D., Lacaze J. C., Poizat C. Museum National d'Histoire Naturelle. ISBN : 2-86515-091-7. Pages 99-118.

Boudouresque C. F. & Jeudy de Grissac A. 1983. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée ; les interactions entre plante et le sédiment. *Journal de recherche océanographique*, 8(2-3) : 99-102.

Boudouresque C. F. & Meinesz A. 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation*. Port-Cros, 4 : 1-79.

Boudouresque C. F., Meinesz A. & Panayotidis P. 1981. Mise en place d'un carré permanent dans un herbier de Posidonies. *Rapport Commission internationale Mer Méditerranée* 27, 9 PP.

- Boudouresque C.F., Thommeret J., Thommeret Y. 1980. Sur la découverte d'un bioconcrétionnement fossile intercalé dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Calvi Corse. Journées Étud. Systèm. Et Biogéogr. Médit. – Cagliari, C.I.E.S.M.
- Burkholder J. M., Tomasko D. A., Touchette B. W. 2007. Seagrasses and eutrophication. *Journal of experimental marine biology and ecology*. 350: 46-72.
- Campagne S., Salles J. M., Boissery P., Deter J. 2015. The seagrass *Posidonia oceanica* : Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Marine Pollution Bulletin*. 10 PP.
- Cancemi G., De Falco G., Pergent G. 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 961-968.
- Cantou M., Violette H., Nougier N. 2011. Suivi à titre expérimental et complémentaire de l'herbier de Posidonie, site Natura 2000 en mer FR 910413 Posidonies de la côte Palavasienne, Rapport VOILE DE NEPTUNE 48PP.
- Cantou M., Violette H., Nougier N. 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, Rapport VOILE DE NEPTUNE 59PP.
- Caye G. 1980. Sur la morphogenèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* L. Delile. Thèse de Doctorat 3<sup>e</sup> cycle, Université Aix-Marseille 2, 121 PP.
- CREOCEAN. 2008. Suivi des herbiers du golf d'Aigues Mortes. Etat 2008, après travaux : Campagne Mai 2008. 29p.
- CREOCEAN, 2009, Suivi des herbiers du golf d'Aigues Mortes. Etat 2009, après travaux : Campagne avril 2009. 29p
- Charbonel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bernard G., Bonhomme P., Patrone J., Kruczek R., Cottalorda J.M., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Le Direac'h L. 2000. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région 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.
- Collart D., Guyot E., Pary E. 2004. Etude descriptive et comparaison des herbiers de Posidonies du Languedoc. Etude réalisée pour la DIREN LR. CEGEL publ : 98 PP.
- Costanza R., Arge R., Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neil R. V., Paruelo., Raskin R. G., Sutton P., Van den Belt M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387: 253- 260.
- 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. 46PP.
- Den Hartog C. 1970. The seagrass of the world. North Holland publ., Co, Amsterdam, Pays-Bas : 275 PP.
- Descamps P., Holon F., Boissery P., Ballesta L., Guilbert A., Guillot M., Deter J. 2010. La microcartographie par télémétrie acoustique, une nouvelle méthode de suivi des herbiers de

posidonie. Application sur 9 sites des côtes méditerranéennes françaises. *Proceeding of the 4th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation* : 56-60.

Dutrieux E., Sartoretto S., Schvartz T., Thorin S. 2006. Mise en œuvre du réseau de référence et de l'exercice d'intercalibration (eaux côtières). *IFREMER – Agence de l'eau RMC*. 139PP.

Fernández-Torquemada Y. & Sanchez-Lizaso J. 2013. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of the Mediterranean *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Estuarine, Coastal and shelf science* 119: 64-70.

Ferrat L., Romeo M., Gnassia-Barelli M., Pergent-Martini C. 2002. Effects of mercury on antioxidant mechanisms in the marine phanerogam *Posidonia oceanica*. *Diseases of aquatic organisms*, 50: 157-160.

Foulquié M. & Dupuy de la Grandrive R. 2004. Posidonie du Cap d'Agde. *Site Natura 2000 FR 910 1414 document d'objectifs - Inventaire de l'existant et analyse écologique*. ADENA, 301PP.

Francour P. 1994. Impact du mouillage sur l'herbier de *Posidonia oceanica* dans la baie de Port-Cros Var, Méditerranée nord-occidentale. *GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr. : 19PP.

Ganteaume A., Bonhomme P., Bernard G., Poulain M., Boudouresque C.F. 2005. Impact de l'ancrage des bateaux de plaisance sur la prairie à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros Méditerranée nord-occidentale. *Scientific Reports of Port-Cros national park*, Fr., 21 : 147-162.

Giraud G. 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* Linnaeus Delile. *Bulletin Muséum Histoire Naturelle Marseille*, 39 : 33-39.

Giraud G. 1977. Essai de classement des herbiers à *Posidonia oceanica* L. Delile. *Botanica marina*, 20 8 : 487-491.

Gobert S., Cambrige M. L., Velimirov B., Pergent G., Lepoint G., Bouquegneau J. M., Dauby P., Pergent-Martini C., Walker D. L. 2006. Biology of *Posidonia*. In : *Seagrasses :Biology, Ecology and Conservation* (eds. : W. D. Larkum A., J. Orth R., M. Duarte C.). *Springer : Dordrecht*. 387-408.

Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G, Leboulleux V. 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia* 300/301: 309-320.

Lafabrie C., Pergent G., Pergent -Martini C., Capiomont A. 2007. *Posidonia oceanica* : A tracer of past mercury contamination. *Environmental Pollution*, 148, 2 : 688-692.

Lloret J., Zaragoza N., Caballero D., Riera V., 2008. Impact of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus Mediterranean Sea. *Ocean & Coastal Management*, 51: 749-754.

Maggi P., Gruet Y., Lassus P. 1977. Influence de la pollution urbaine sur la vitalité des herbiers à Posidonies dans le Golfe de Giens Var. *Science et pêche, Bulletin Inst. Pêches maritimes.*, 269, 9 PP.

Mangos, A., Bassino, J-P., Sauzade, D. (2010). Valeur économique des bénéfiques soutenables provenant des écosystèmes marins méditerranéens. *Plan Bleu, Valbonne. (Les Cahiers du Plan Bleu 8)* : 78PP.

Meinesz A., Lefevre J.R. 1984. Régénération d'un herbier à *Posidonia oceanica* quarante ans après sa destruction par une bombe dans la rade de Villefranche Alpes Maritimes, France. International Workshop *Posidonia oceanica* beds, BOUDOURESQUE C. F., JEUDY DE GRISSAC A. & OLIVIER J. edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 39-44.

Molinier R. & Picard J. 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines sur le littoral méditerranéen français. Annales Institut Océanographique Paris, 27 3 : 157-234.

Panayotidis P., Boudouresque C. F., Marcot-Coqueugniot J. 1981. Microstructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Botanica Marine*. 24: 115-124.

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 : 3-27.

Pergent G., Romero J., Pergent-Martini C., Mateo M. A., Boudouresque C. F. 1994. Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series* 106 : 139-146.

Pergent G., Pergent-Martini C. 1988. Phénologie de *Posidonia oceanica* Linnaeus Delile dans le bassin méditerranéen. Annales de l'institut océanographique, Paris, 64 : 79-100.

Pergent-Martini C., Pergent G. 2010. Proposition 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 : 66 PP.

Pergent-Martini C. 1998. *Posidonia oceanica*: a biological indicator of past and present mercury contamination in the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 45: 101-111.

Pergent-Martini C. 1994. Impact d'un rejet d'eaux usées urbaines sur l'herbier à *Posidonia oceanica* avant et après la mise en service d'une station d'épuration. Thèse de Doctorat Université de Corse, 206 PP.

Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., Pergent G. 1994. Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean basin. *Marine Biology* 120 : 9-15.

Prinos P., Stratigaki V., Manca E., Losada I., Lopez Lara J., Sclavo M., Caceres I., Sanchez-Arcilla A. 2010. Wave propagation over *Posidonia oceanica* : Large scale experiments. Hadrabal III, Joint User Meetins, Hannover. 4 PP.

Romero J., Perez M., Alcoverro T. 2007. The seagrass *Posidonia oceanica* meadows in the Catalan coast: past trend and present status. Actes du 3<sup>ème</sup> Symposium Méditerranéen sur la végétation marine, Marseille, 158-163.

Ruiz J.M. & Romero J. 2003. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 1523-1533.

Ruiz J.M. & Romero J. 2001. Effets of in situ experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, 215: 107-120.

Theclin I., Boudouresque C.F. 1983. Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel de la baie de Port-Cros Var, France. Rapport Commission internationale Mer Méditerranée., 28, 3PP.

Vassallo P., Paoli C., Rovere A., Montefalcone M., Morri C., Bianchi C. N. 2013. The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 75: 157-167.

## 6 Annexes

---

**Annexe 1 : Coordonnées GPS des zones d'études pour les sites du ROC et de Palavas Est.**

<b>ROC (WGS84)</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
ROC 1	43°25,044	3°45,998
ROC 2	43°25,036	3°45,992
ROC 3	43°25,026	3°46,012

<b>PALE (WGS84)</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
PALE1	43°32,108	4°01,469
PALE2	43°32,112	4°01,472
PALE3	43°32,111	4°01,478
PALE4	43°32,107	4°01,476

**Annexe 2 : Autorisation de prélèvement.**

**Annexe 3 : 1<sup>er</sup> Abaque de Pergent Martini (1994) et abaque révisé de Pergent-Martini & Pergent (2010).**

Site Natura 2000 « Posidonies de la côte Palavasienne » FR9101413  
 Surveillance de l'herbier de posidonie – Année 2015

depth	DA	DSI	DN	DSS	depth	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	→	32		↔	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	→

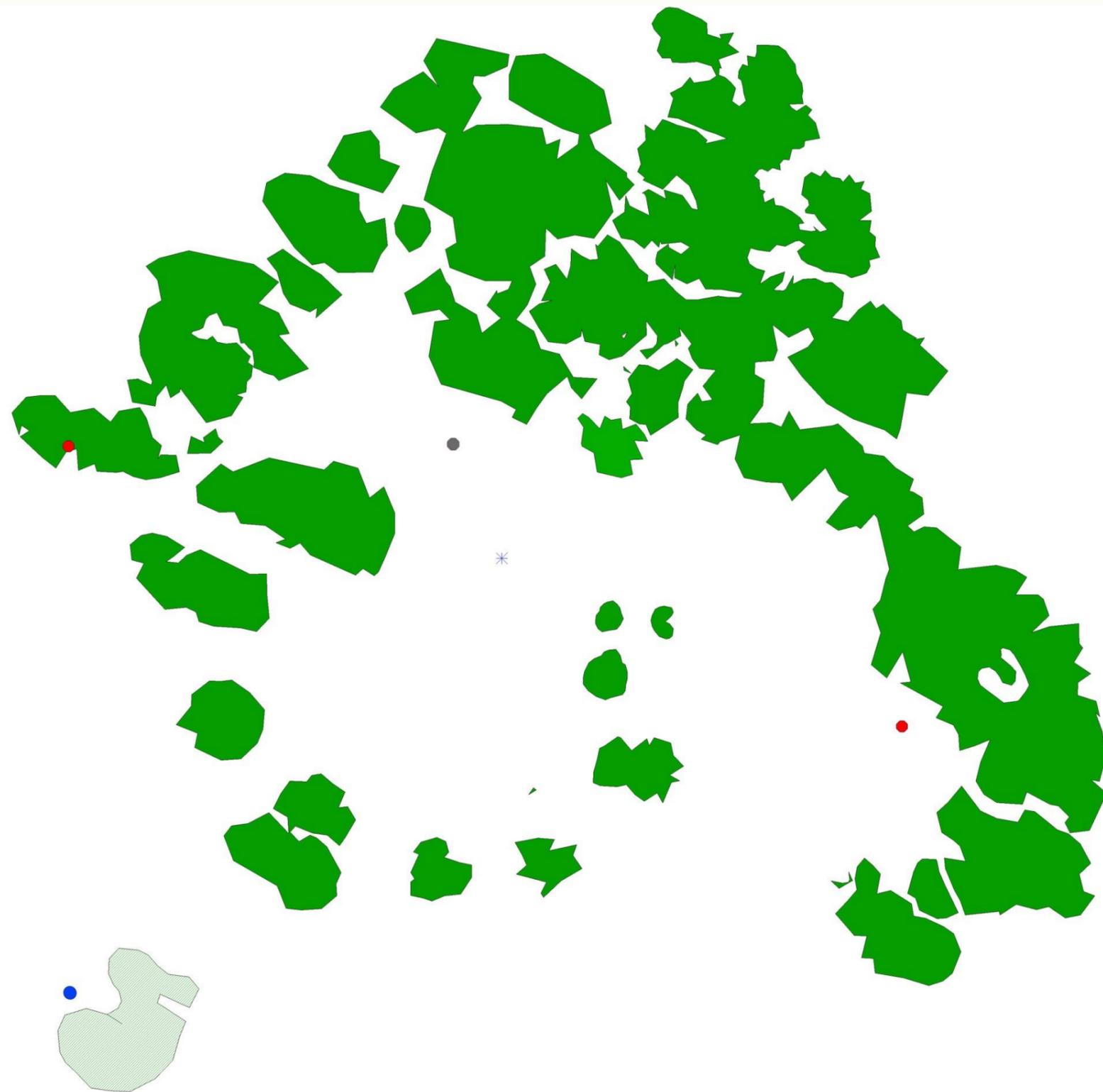
Site Natura 2000 « Posidonies de la côte Palavasienne » FR9101413  
 Surveillance de l'herbier de posidonie – Année 2015

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

**Annexe 4 : Fiches techniques des trois herbiers suivis (ARE, PALE, ROC).**

### Cartographie de l'herbier à *Posidonia Oceanica* sur le site des Aresquiers (2015)

Délimitation réalisée à l'aide de l'aquamètre D100



#### Description:

Le site des Aresquiers a déjà été suivi en 2007, 2011 et 2013. En 2015, 3 des 4 bornes ont été retrouvées. Pour la cartographie, 2 anciennes bornes ont été utilisées et la manquante a été remplacée.

#### Légende:

- Point GPS ●
  - Ancien piquet balise ●
  - Nouveau piquet balise ●
  - Base du télémètre \*
  - Herbier ■
  - Herbier non cartographié ■
- Echelle 1 m

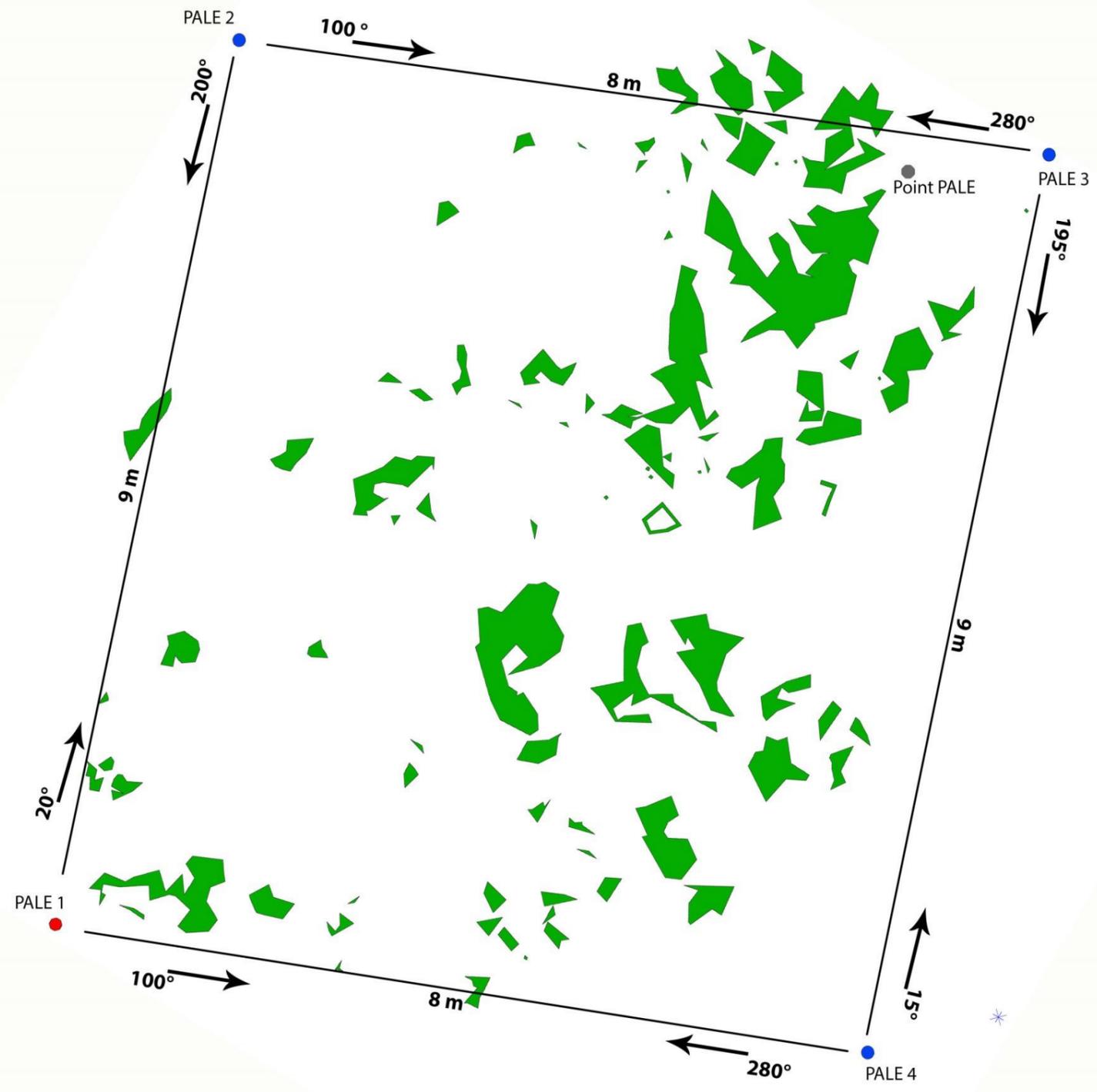
Coordonnées (WGS 84, Degré décimaux)

Station ARE : 43°26.234' N - 3°48.640' E

Profondeur : 7 m



**Cartographie de l'herbier à *Posidonia Oceanica* sur le site de Palavas Est (2015)**  
 Délimitation réalisée à l'aide de l'aquamètre D100



**Description:**  
 Le site de Palavas Est a déjà été suivi en 2007, 2011 et 2013. Lors de cette année de suivi, 3 nouvelles balises ont été mises en place afin de cartographier cet herbier fortement morcelé.

**Légende:**

- Ancien piquet balise ●
- Nouveau piquet balise ●
- Base du télémètre \*
- Herbier ■

Echelle 1 m

Coordonnées (WGS 84, Degré décimaux)  
 Station PALE : 43°32.111'N - 4°01.477'E

PALE 1 : 43°32.108'N - 4°01.469'E  
 PALE 2 : 43°32.112'N - 4°01.472'E  
 PALE 3 : 43°32.111'N - 4°01.478'E  
 PALE 4 : 43°32.107'N - 4°01.476'E

Profondeur : 10 m



