

Aire Marine Protégée



Côte agathoise

SUIVI DES HERBIERS A *POSIDONIA OCEANICA*
SAISON 2018



Édouard Chéré

Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414



AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



Suivi des herbiers à *Posidonia oceanica*, saison 2018
Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414

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, Edouard Chéré, Benjamin Duclos, Renaud Dupuy de la Grandrive, Caroline Gruet, Florian Keller, Marine Lange, Mélissa Trougan,

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 :

Lange M., Blouet S., Chéré E., Duclos B., Dupuy de la Grandrive R., Gruet C., Keller F., Trougan Melissa. 2018. Suivi des herbiers à *Posidonia oceanica* dans l'Aire marine protégée de la côte agathoise, saison 2018. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR-9101414. Ville d'Agde publ. Fr. : 63PP.

Sommaire

1	Introduction	1
1.1	Cadre de l'étude	1
1.1.1	Objectifs de la démarche suivi des posidonies intersites	1
1.2	<i>Posidonia oceanica</i>	2
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
1.3	L'Aire Marine Protégée de la côte agathoise.....	5
1.3.1	Les herbiers dans l'Aire marine protégée	6
1.4	Sites d'étude	7
1.5	Objectifs de l'étude	8
2	Matériel et méthodes	9
2.1	Détermination de l'aire de répartition et superficie des herbiers.....	9
2.1.1	Cartographie des zones de références	9
2.2	Inventaire cartographique des Grandes nacres	10
2.3	Analyse de l'état de vitalité de la plante	11
2.3.1	Mesures phénologiques	11
2.3.2	Analyses statistiques	12
2.4	Analyse de l'état écologique de la masse d'eau côtière (DCE).....	13
2.5	Evaluation écosystémique (DCSMM)	13
3	Résultats.....	17
3.1	Cartographie à l'échelle de chaque herbier	17
3.1.1	Cartographie des herbiers par télémétrie acoustique des zones de références	17
3.1.2	Micro-cartographie: Recouvrement des carrés permanents	17
3.1.3	Etat des lieux des petites tâches d'herbier de la Grande Conque, du Sentier sous-marin et du Môle	18
3.2	Inventaire cartographique des Grandes nacres au sein de l'herbier	23
3.3	Analyse de l'état de vitalité de la plante	24
3.3.1	Phénologie	24
3.4	Appréciation de l'état écologique de la masse d'eau côtière (DCE)	36
3.5	Evaluation écosystémique (EBQI)	37
4	Discussion	38
4.1	Phénologie	38
4.2	Appréciation de l'état écologique de la masse d'eau côtière (DCE)	39
4.3	Evaluation écosystémique (EBQI)	40
4.4	Floraison de 2018.....	40
5	Conclusion	43
6	Bibliographie.....	45

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de l'Aire marine protégée de la côte agathoise (fond de carte Google Earth).....	5
Figure 2: Délimitation du site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414.	6
Figure 3: Mosaïque d'herbiers vivants et de matte morte (herbier du Port).	7
Figure 4: Localisation des herbiers de posidonies (Matte morte : vert pâle / Herbiers vivants : vert / Mosaïque matte morte + roche : orange).	7
Figure 5: Plongeur opérant avec le pointeur de l'Aquamètre D100 à gauche et base de l'Aquamètre D100 à droite.....	9
Figure 6: Protocole de mesure de la Grande nacre (Vicente <i>et al.</i> , 1980).	10
Figure 7 : Modèle conceptuel de l'écosystème de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> . MOP : matière organique particulaire, MOD : matière organique dissous, BAFHS : groupe des décomposeurs (Bacteria, Archea, Fungi et les stramenopiles hétérotrophes), Vert : production primaire, marron : production secondaire. Le cadre rouge délimite l'écosystème.....	15
Figure 8: Représentation de l'évolution du recouvrement dans le carré permanent du site des Mattes entre 2001 et 2018.....	17
Figure 9: Densité moyenne du site des Mattes de 2005 à 2018.	26
Figure 10: Surface foliaire moyenne pour le site des Mattes de 2009 à 2018.....	27
Figure 11: Densité moyenne sur le site des Battuts entre 2001 et 2018.	30
Figure 12 : Surface foliaire moyennes des Battuts de 2009 à 2018.	32
Figure 13: Densité moyenne du site du Port entre 2005 et 2018.....	34
Figure 14: Surface foliaire moyenne pour le site du Port de 2009 à 2018.....	35
Figure 15: Densité moyenne en 2018 de sites Port, Mattes et Battuts.	36
Figure 16: Variation de la densité dans le temps sur les trois sites d'étude.	38
Figure 17: Evolution de l'état des herbiers sur les trois sites d'étude selon l'abaque de Pergent-Martini et Pergent (2010).....	39
Figure 18: Inflorescences de posidonie	40
Figure 19: Olive de posidonie	41
Figure 20: Évolution de la température à -10m de profondeur au large d'Agde.....	42

Index des Tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des 3 principaux herbiers de la côte agathoise.	7
Tableau 2: Abaque de densité de Giraud 1977.	11
Tableau 3: Tableau chronologique des facteurs étudiés. Bleu clair : méthodologie modifiée	12
Tableau 4: Valeurs de référence des paramètres retenus pour le descripteur Posidonie (Andral <i>et al.</i> , 2009).	13
Tableau 5: Grille de diagnostic pour l'élément de qualité "Posidonie" (Andral <i>et al.</i> , 2009).	13
Tableau 6 : Compartiments biologiques et paramètres établis dans le modèle conceptuel de fonctionnement de l'écosystème herbier de posidonies (<i>Posidonia oceanica</i>).	14
Tableau 7: Classes permettant de caractériser l'état écologique de l'écosystème de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de la valeur de l'EBQI (Ruitton <i>et al.</i> , 2017)	16
Tableau 11: Résultats de l'analyse phénologique de l'herbier des Mattes de 2005 à 2018.	25
Tableau 12: Comparaison multiple Kruskal-wallis de la densité sur le site des Mattes entre 2005-2018, en rouge différence significative Pvalue<0,05	26
Tableau 13: Classement de la densité des Mattes selon les abaques de Giraud,	27
Tableau 14 : Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier des Battuts entre 2001 et 2015.	29
Tableau 15: Comparaison multiple Kruskal-wallis de la densité sur le site des Battuts entre 2001-2018.....	30
Tableau 16: Classement de la densité des Battuts selon les abaques de Giraud,	31

Tableau 17: Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier du Port entre 2001 et 2015.....	33
Tableau 18: Comparaison multiple Kruskal-wallis de la densité sur le site du Port entre le 2005-2018. En rouge différence significative $P < 0,05$	34
Tableau 19: Classement de la densité du Port par rapport aux abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.	35
Tableau 20 : Comparaison multiple Kruskal-wallis de la densité en 2018 entre les trois sites : Port, Mattes et Battuts. En rouge différence significative $P < 0,05$	36
Tableau 21: Calcul de l'EQR Posidonie de la Directive Cadre Eau.	37

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 cet habitat prioritaire et de la directive cadre sur l'eau (DCE) pour l'évaluation de la qualité des masses d'eaux et des pressions associées. Le suivi des herbiers de Posidonies est ainsi 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). A l'image de la majeure partie des côtes méditerranéennes, ce littoral est fortement soumis à des pressions anthropiques diverses (aménagement 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'exemple des régions Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) et Corse, d'initier en Languedoc- Roussillon une surveillance adaptée de l'herbier de posidonies et spécifique 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 l'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 pollutions au sens large (aménagement, 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 et 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 leurs racines dont les interstices sont comblés par le sédiment forment 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 des fonds et l'hydrodynamisme créé par l'avancée du Cap d'Agde entraînent dans cette zone le développement de mosaïques d'herbiers en collines (petites collines plus ou moins circulaires, entourées de sable) et en « pain de sucre » (matte continue mais fortement bosselée) (Foulquié & Dupuy de la Grandrive, 2004).

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 €/m²/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^{ème} 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 peut être cité 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 l'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 induit un stress oxydatif à la plante modifiant sa vitalité (Ferrat *et al.*, 2002). En tant que bio-accumulateur, les polluants assimilés se transfèrent dans le réseau trophique, relayant ainsi une contamination à 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 (Cancemie *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).

Les résultats issus de cette étude permettront d'identifier ou de confirmer les menaces pesant sur les herbiers de posidonies du Cap d'Agde, mais aussi de mettre en place des mesures de gestion adaptées à ces menaces.

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 cité dans 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 L'Aire Marine Protégée de la côte agathoise

L'Aire marine protégée de la côte agathoise se situe en région Occitanie, dans le département de l'Hérault, au centre du Golfe du Lion (Figure 2).

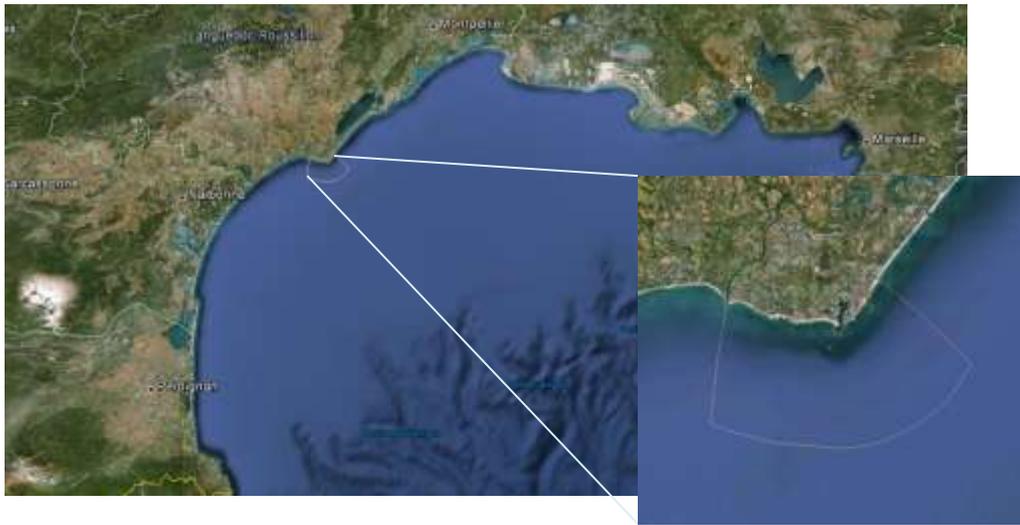


Figure 1 : Localisation de l'Aire marine protégée de la côte agathoise (fond de carte Google Earth).

Le site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR9101414 est délimité à l'ouest par l'embouchure du fleuve Hérault et à l'est par le Port d'Ambonne. Au large, la limite sud s'étend jusqu'aux 3 milles nautiques des côtes. La zone Natura 2000 marine couvre ainsi un territoire de 6152 ha sur lesquels les usages et pressions anthropiques sont nombreux.

Les baigneurs, plongeurs, plaisanciers, pêcheurs de loisirs et professionnels sont autant d'acteurs qui cohabitent sur ce territoire. Cette zone est soumise aux conditions climatiques et hydrologiques générales du Golfe du Lion, avec les températures parmi les plus basses de la Mer Méditerranée (moins de 10°C en hiver et maximum 24°C en été) et une zone de dilution liée aux apports d'eau douce du Rhône, de l'Aude, de l'Orb, de l'Hérault et des lagunes côtières. Ces apports se mélangent dans le Golfe provoquant des différences de salinité parfois très marquées dans la bande côtière et une turbidité importante (Foulquié & Dupuy de la Grandrive, 2004).



Figure 2: Délimitation du site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414.

La ville d'Agde, via sa direction du milieu marin, est la structure gestionnaire de l'Aire marine protégée de la côte agathoise, site Natura 2000 « posidonies du Cap d'Agde » FR9101414. Un Comité de Pilotage (COPI) du site, présidé par le préfet maritime de Méditerranée, se réunit tous les ans et décide des axes de gestion du site.

Ce site bénéficie d'un Document d'Objectifs (DOCOB), d'une charte Natura 2000 et d'une animation opérationnelle depuis 2008.

1.3.1 Les herbiers dans l'Aire marine protégée

Comme ailleurs en Languedoc, les herbiers sont distribués en petites taches éparses de forme et de dimensions variables. Les conditions abiotiques du Golfe du Lion sont en partie responsables de cette configuration (Collart *et al.*, 2004). *Posidonia oceanica* forme dans les eaux agathoises un herbier clairsemé (Photo en Annexe 1), formant une mosaïque d'herbiers vivants, de matte morte, de sable et de roche (Figure 3).



Figure 3: Mosaïque d'herbiers vivants et de matte morte (herbier du Port).

1.4 Sites d'étude

Le suivi prend en compte les trois plus grands herbiers du Cap d'Agde à savoir l'herbier dit des Battuts, des Mattes et du Port (Figure 4). Les profondeurs, les substrats et la superficie de ces herbiers sont indiqués ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1: Caractéristiques des 3 principaux herbiers de la côte agathoise.

Nom du site	Description	Surface (m ²)	Profondeur (m)
Les Mattes	Mosaïque sable et herbier	8457	4
Les Battuts	Mosaïque sable, roche et herbier	19230	5
Le Port	Mosaïque sable et herbier	5353	7

La posidonie est également présente en petites taches isolées sur le site de la Plagette, de la Grande Conque et du Môle (Figure 4).



Figure 4: Localisation des herbiers de posidonies (Matte morte : vert pâle / Herbiers vivants : vert / Mosaïque matte morte + roche : orange).

Une cartographie des trois principaux herbiers à plus grande échelle est indiquée en annexe 2.

1.5 Objectifs de l'étude

Dans le cadre de la mise en place d'un suivi pluriannuel des herbiers pour les directives habitats et DCE, les gestionnaires des AMP de la région Occitanie, les collectivités territoriales (Conseil Régional LR, Conseil Général 66), les services de l'Etat (DREAL) et les établissements publics (Agence de l'Eau et 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 Nationale 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.
- Eventuellement évaluer 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.

2 Matériel et méthodes

2.1 Détermination de l'aire de répartition et superficie des herbiers

2.1.1 Cartographie des zones de références

2.1.1.1 Méthode par 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 m².

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 5). 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 5). 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 5: Plongeur opérant avec le pointeur de l'Aquamètre D100 à gauche et base de l'Aquamètre D100 à droite.

2.1.1.2 Micro-cartographie : Méthode du carré permanent

La méthode historiquement utilisée pour suivre l'évolution des herbiers est la pose de balises permanentes en limite inférieure et parfois supérieure, de l'herbier (Meinesz *et al.*, 1981). Cette méthodologie de suivi est possible pour les herbiers qui connaissent une limite franche. Sur les herbiers morcelés sans limite inférieure ou supérieure franche comme ceux du Cap d'Agde, cette méthode montre ses limites (Boudouresque *et al.*, 2006 ; Descamps *et al.*, 2009).

Ainsi, afin d'étudier la dynamique de recouvrement des trois principaux herbiers dans le temps (Figure 4), trois carrés permanents de 4 mètres de côté avaient été installés en 2001. Bien que classique sur terre, de nombreuses difficultés sont rencontrées en mer étant donné les contraintes auxquelles les balises doivent résister, comme les conditions hydro-climatiques, l'arrachage par l'ancrage, etc. (Boudouresque *et al.*, 1981). De 2001 à 2009, le recouvrement des herbiers des Mattes, Battuts et du Port était mesuré uniquement dans les carrés

permanents par une technique de triangulation. Depuis 2011, la télémétrie acoustique a pris le relais, permettant une prise de données plus rapide et plus précise.

2.1.1.3 Etat des lieux visuel des petites tâches d'herbier de la Grande Conque, du Sentier sous-marin et du Môle.

Sur ces trois sites (Grande Conque, Sentier sous-marin et Môle) difficiles à cartographier (petites surface et faibles profondeurs), un état des lieux visuel à l'aide de photographies a été réalisé. Les photographies sont retravaillées sous informatique (logiciel Photoshop) afin de matérialiser clairement les herbiers par des tâches vertes. Pour chaque site, les frises photographiques seront comparées d'une année sur l'autre afin de voir l'évolution des tâches au cours du temps.

2.2 Inventaire cartographique des Grandes nacres

La Grande nacre, *Pinna nobilis* est une espèce protégée en France, inscrite sur la liste rouge des espèces vulnérables et inscrite dans l'annexe 4 de la directive Habitat. *Pinna nobilis* est présente dans les trois herbiers étudiés. Une cartographie de la répartition spatiale des individus dans chacun des herbiers a été réalisée à l'aide de l'Aquamètre D100, simultanément au suivi de l'herbier à Posidonie. Chacun individu a également fait l'objet de mesures biométriques (Figure 6).

Cet inventaire a pour objectif de suivre l'évolution de la population de *Pinna nobilis* dans chacun des trois herbiers.

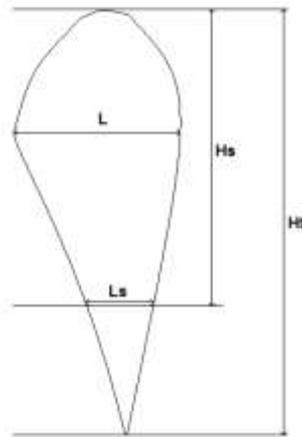


Figure 6: Protocole de mesure de la Grande nacre (Vicente et al., 1980).

La hauteur totale (hauteur mesurée + hauteur enfouie) a été calculée à partir des formules suivantes :

$$Ht = 2,186 \times L + 1,6508 \text{ (Gaulejac \& Vicente, 1990)}$$

$$Ht = (1,79 \times Ls + 0,5) + Hs \text{ (Garcia-March \& Ferrer, 1995)}$$

$$Ht = 1,29 L^{1,24} \text{ (Garcia-March, 2006)}$$

Du fait de la présence majoritaire de petits individus, certaines mesures de la largeur L_s sont manquantes. Afin d'avoir une donnée représentative de la hauteur totale de l'ensemble des *P. nobilis* inventoriées, les trois formules ont été utilisées et moyennées entre elles.

L'âge des Grandes nacres, et donc leur année de recrutement, a été estimé en se basant sur les travaux de Vicente en 1980 sur la relation taille – âge (Annexe 5).

2.3 Analyse de l'état de vitalité de la plante

2.3.1 Mesures phénologiques

La phénologie est l'analyse des feuilles de posidonies. Les critères phénologiques peuvent apparaître comme de bons indicateurs de la vitalité de la plante ainsi que de la qualité du milieu dans lequel elle se développe. L'étude de ces critères est facilitée par l'existence de méthodes standardisées reconnues et utilisées par les scientifiques (Pergent, 2007).

Afin d'effectuer des mesures précises, 15 faisceaux ont été prélevés dans chacun des sites (Annexe 4 : Autorisation de prélèvement). Dans cette étude, les critères phénologiques considérés sont :

- La densité de l'herbier (mesure *in situ*) :

La densité est le nombre de faisceaux par m² (fscx /m²). Ce paramètre est le plus ancien et couramment utilisé pour étudier et suivre la vitalité de cette plante. Des quadrats de 20 cm par 20 cm (400 cm²) 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 20/20 nécessaire pour obtenir un marge d'erreur similaire qu'avec des quadrats plus grands comme des 40/40, 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) mais 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 qu'une grande zone d'herbier soit prospectée, et d'avoir un nombre de quadrat important.

Au cours de cette étude, les densités mesurées sont comparées ensuite 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 ²	Herbier très dense
2	de 400 à 700 faisceaux /m ²	Herbier dense
3	de 300 à 400 faisceaux /m ²	Herbier peu dense
4	de 150 à 300 faisceaux /m ²	Herbier très peu dense
5	de 50 à 150 faisceaux /m ²	Semi-herbier

- La longueur et largeur des feuilles, afin de mesurer la longueur moyenne des feuilles adultes (LgA) (plus de 50 mm avec un pétiole supérieur ou égale à 2mm), puis intermédiaires (Lgl) (plus de 50 mm de long, sans pétiole) (Giraud, 1979). Il en ressort aussi la longueur des deux plus grandes feuilles par faisceau, appelées F1 et F2.
- La surface foliaire (SF) correspond à la surface des feuilles par faisceau (cm²/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 m². C'est une extrapolation de la surface foliaire par faisceau, exprimée en m²/m².

- 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 prélevées.
- Epibiontes de type calcaire ou filamenteux qui se développent sur les feuilles de posidonie. Leur recouvrement est maximum en fin de période estivale (Romero, 1988, In : Terrados & Medina-Pons, 2011). les épibiontes sont de bons indicateurs de la concentration en nutriment présente dans la colonne d'eau (Pérez *et al.*, 2008, In : Terrados & Medina-Pons, 2011). Il est considéré que la pression de broutage et la disponibilité en nutriment soient les principales variables de ce recouvrement (Borowitzka *et al.*, 2006, In Terrados & Medina-Pons, 2011). Cependant, des mesures faites sur 6 années de suivi en Espagne n'ont pas montré d'effet significatif de la concentration en nutriment, mais plutôt une corrélation entre le recouvrement en épiphytes et la température de l'eau (Terrados & Medina-Pons, 2011).
 Un grattage à l'aide d'une lame de rasoir est réalisé sur les deux côtés de chacune des feuilles afin d'extraire l'ensemble de la charge en épibiontes. L'ensemble des feuilles et l'ensemble des épibiontes d'un même faisceau sont mis à sécher séparément à 70°C pendant 48h puis pesés (mg). Le ratio épibiontes / feuilles est calculé par faisceau (Ifremer, 2006):

$$E / L \text{ faisceau} = \text{poids sec des épibiontes} / \text{poids sec des feuilles}$$

2.3.2 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 3: Tableau chronologique des facteurs étudiés. Bleu clair : méthodologie modifiée

	2018	2015	2013	2011	2009	2005	2001
Densité							
Nb feuilles/faisceaux (Adultes et Intermédiaires)							
Longueurs F1 et F2							
Coefficient A							
Longueur des feuilles							
Largeur des feuilles							
Surface foliaire							
LAI							
Charge en épiphytes							

La méthodologie de mesure des analyses phénologiques (hors densité) a évolué au cours des années. Ainsi à partir de 2011, suite à la mise en cohérence du suivi des herbiers de posidonies en région Occitanie, les mesures ont été réalisées en laboratoire (Blouet *et al.*, 2011).

2.4 Analyse de l'état écologique de la masse d'eau côtière (DCE)

Pour la Directive Cadre Eau (DCE), l'herbier de posidonies a été retenu afin de renseigner l'indicateur angiosperme des eaux côtières méditerranéennes. Les paramètres étudiés lors de ce suivi permettent de calculer l'EQR (Ecological Quality Ratio) (Andral *et al.*, 2009).

$$EQR' = (N \text{ densité} + N \text{ surface foliaire} + 1/2N(E/L) + N \text{ limite inférieure})/3,5$$

- $N_{\text{densité}} = (\text{densité station} - \text{densité de la classe mauvaise}) / (\text{densité de référence} - \text{densité de la classe mauvaise})$ (Tableau 4);
- $N_{\text{surface foliaire}} = (\text{surface foliaire station} - \text{surface foliaire de la classe mauvaise}) / (\text{surface foliaire de référence} - \text{surface foliaire de la classe mauvaise})$;
- $N(E/L) = 1 - (E/L)$
- $N_{\text{limite inférieure c}} = \text{limite inférieure corrigée par l'état de la limite} = (\text{limite inférieure station} - \text{limite inférieure de la classe mauvaise}) / (\text{limite inférieure de référence} - \text{limite inférieure de la classe mauvaise})$.

Remarque : la profondeur considérée pour le site des Mattes est de 3 m, pour les Battuts de 4 m, et de 7 m pour le site du Port.

Tableau 4: Valeurs de référence des paramètres retenus pour le descripteur Posidonie (Andral *et al.*, 2009).

Valeurs limites	Profondeur limite	Densité	Surface foliaire	Charge épiphyte
Valeur de référence	15	983	295	0
Valeur critique	1	0	0	0

Pour obtenir une valeur de l'EQR corrigée par rapport à l'affectation d'une limite de l'EQR comprise entre 0 et 0,1 pour la classe mauvaise, classe caractérisée par l'absence d'herbier, la formule suivante est appliquée :

$$EQR = (EQR' + 0,11)/(1 + 0,10)$$

L'interprétation des valeurs de l'EQR est réalisée d'après la grille de diagnostic suivante (Tableau 5).

Tableau 5: Grille de diagnostic pour l'élément de qualité "Posidonie" (Andral *et al.*, 2009).

	Très Bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
EQR Posidonie		0,775		0,550		0,325		0,100	

2.5 Evaluation écosystémique (DCSMM)

Pour les besoins de la DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin) une méthodologie innovante est développée en Méditerranée afin de qualifier l'état des écosystèmes par une approche écosystémique au travers d'un indice : l'EBQI (Ecosystem-Based Quality Index – indice de qualité basé sur l'écosystème). L'approche écosystémique est une stratégie de gestion intégrée de l'environnement ayant comme objectif sa conservation tout en bénéficiant de ses services (Personnic & Ruitton, 2014).

L'EBQI pour un écosystème donné est basée sur un modèle conceptuel de fonctionnement faisant ressortir les groupes fonctionnels clés appelé ici « compartiments fonctionnels ». Ces compartiments sont pondérés par un poids (fixé par des scientifiques spécialistes de l'écosystème en question) en fonction de leur importance dans le fonctionnement de

l'écosystème. Chaque compartiment fonctionnel du modèle est évalué par un ensemble de paramètres.

Afin d'évaluer l'état de l'écosystème des herbiers de posidonie, un modèle conceptuel de fonctionnement (Figure 7) a été conçu pour la Méditerranée nord-occidentale avec 13 compartiments biologiques (Tableau 6), (Ruitton *et al*, 2017).

Tableau 6 : Compartiments biologiques et paramètres établis dans le modèle conceptuel de fonctionnement de l'écosystème herbier de posidonies (*Posidonia oceanica*).

Compartiment	Paramètres
1 - Rhizomes et racines de <i>Posidonia oceanica</i>	Croissance (mm/an)
2 - Feuilles de <i>Posidonia oceanica</i>	Densité (nb de faisceaux/m ²)
	Recouvrement (%)
3 et 4 - Macrophytes, filtreurs et suspensivores épibiontes des feuilles	Biomasse sèche des épibiontes (g MS/faisceaux)
5 et 6 - Filtreurs et suspensivores benthiques	Densité de <i>Pinna nobilis</i> (nb individus/100 m ²)
	Densité d'invertébrés filtreurs et suspensivores autre que <i>Pinna nobilis</i> (nb individus/m ²)
7 - Litière détritique	Masse sèche de litière détritique (g MS/m ²)
8 - Détritivores 2 et 3	Densité (nb individus/10 m ²)
9 - Herbivores 1	Densité de <i>Paracentrotus lividus</i> (nb individus/m ²)
	Indice de broutage (% feuilles broutées)
10, 11 et 12 - Poissons prédateurs d'invertébrés, omnivores, piscivores, planctonophages, céphalopodes et étoiles de mer	Poissons prédateurs d'invertébrés, omnivores, céphalopodes (kg MH/100 m ²)
	Poissons piscivores (kg MH/100 M ²⁰)
	Poissons zooplanctonophages (kg MH/100 M ²)
	Poissons omnivores (kg MH/100 m ²)
	Indice spécifique de diversité SRDI (nombre d'espèces/transect)
13 - Oiseaux marins	Distance par rapport au site de nidification (km) pour <i>Phalacrocorax</i> spp. et <i>Pandion haliaetus</i>

Les paramètres du compartiment 3 et 4 ainsi que celui du compartiment 7 (surligné en gris dans le tableau 6) n'ont pas été évalués lors de ce suivi.

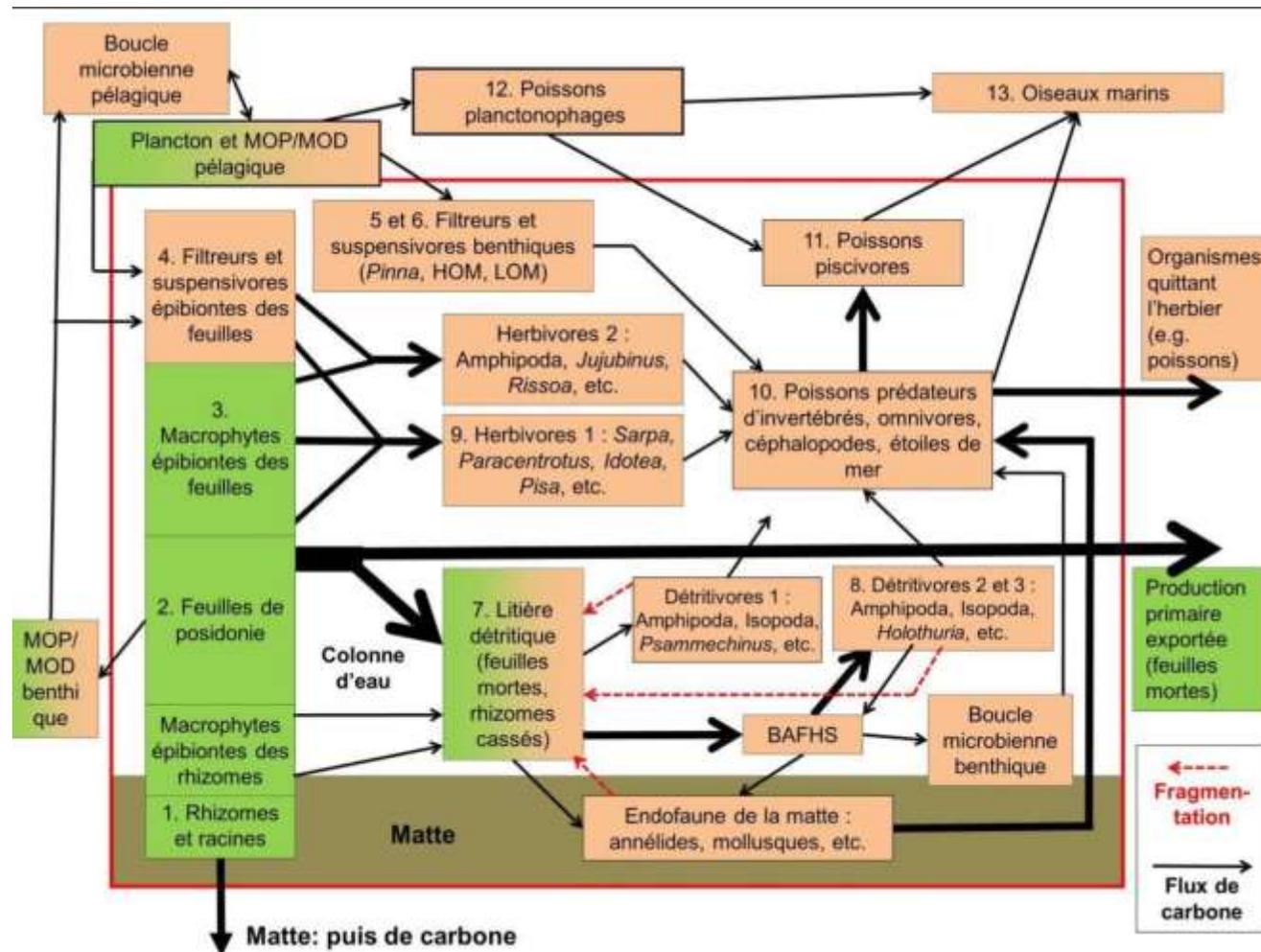


Figure 7 : Modèle conceptuel de l'écosystème de l'herbier à *Posidonia oceanica*. MOP : matière organique particulaire, MOD : matière organique dissous, BAFHS : groupe des décomposeurs (Bacteria, Archea, Fungi et les stramenopiles hétérotrophes), Vert : production primaire, marron : production secondaire. Le cadre rouge délimite l'écosystème.

Les données de chaque paramètre sont acquises selon les méthodes préconisées par le guide méthodologique pour l'évaluation écosystémique des habitats marins (Ruitton *et al.*, 2017).

$$EBQI = \left[\frac{\sum_{i=1}^{13} (Wi \times Si)}{\sum_{i=1}^{13} Wi \times Smax} \right] \times 10$$

- Wi = poids du compartiment i
- Si = statut du compartiment i
- Smax = statut maximal (=4) pour un compartiment
- i = nombre de paramètres ou moyennes de paramètres pris en compte pour évaluer les compartiments.

Un découpage de la note EBQI sur 10 permet de déterminer l'état écologique de l'écosystème en question. Cet état écologique reprend les statuts écologiques de la Directive Cadre sur l'Eau avec 5 classes : de mauvais à très bon (Tableau 7).

Tableau 7: Classes permettant de caractériser l'état écologique de l'écosystème de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la valeur de l'EBQI (Ruitton *et al.*, 2017)

	Très Bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
EBQI Posidonie	7,5	6,0	4,5	3,5	

Chaque estimation d'EBQI est accompagnée d'un indice de confiance (IDC). Cet indice reflète la qualité de la donnée utilisée. Pour chaque compartiment, un IDC de 0 à 4 est attribué aux données :

- IDC = 4 → données de terrain récentes et fiables utilisant le protocole recommandé
- IDC = 3 → données de terrain récente et complétée par du « dire d'expert »
- IDC = 3 → Données de terrain acquises selon un protocole différent de celui recommandé
- IDC = 2 → Pas de données de terrain mais un « dire d'expert » récent
- IDC = 1 → Pas de données de terrain mais un « dire d'expert » ancien
- IDC = 0 → Pas de données de terrain et pas de « dire d'expert »

$$IDC = \left[\frac{\sum_{i=1}^{13} (Wi \times IDCi)}{\sum_{i=1}^{13} Wi \times IDCmax} \right] \times 4$$

- Wi = poids du compartiment i
- IDCi = indice de confiance du compartiment i
- IDCmax = indice de confiance maximal (=4) pour un compartiment
- i = nombre de paramètres ou moyennes de paramètres pris en compte pour évaluer les compartiments.

3 Résultats

3.1 Cartographie à l'échelle de chaque herbier

3.1.1 Cartographie des herbiers par télémétrie acoustique des zones de références

Pour des raisons techniques, la cartographie par télémétrie acoustique de 2018 n'a pas pu être effectuée.

3.1.2 Micro-cartographie: Recouvrement des carrés permanents

Pour des raisons techniques, seule la cartographie par télémétrie acoustique sur le site des Mattes a pu être effectuée en 2018.

3.1.2.1 Les Mattes

Depuis le premier suivi de 2001, le recouvrement a légèrement fluctué entre les années. Si l'on considère la précision des mesures entre les différents protocoles de 2001 à 2018, le recouvrement peut être considéré comme globalement stable (Figure 8).

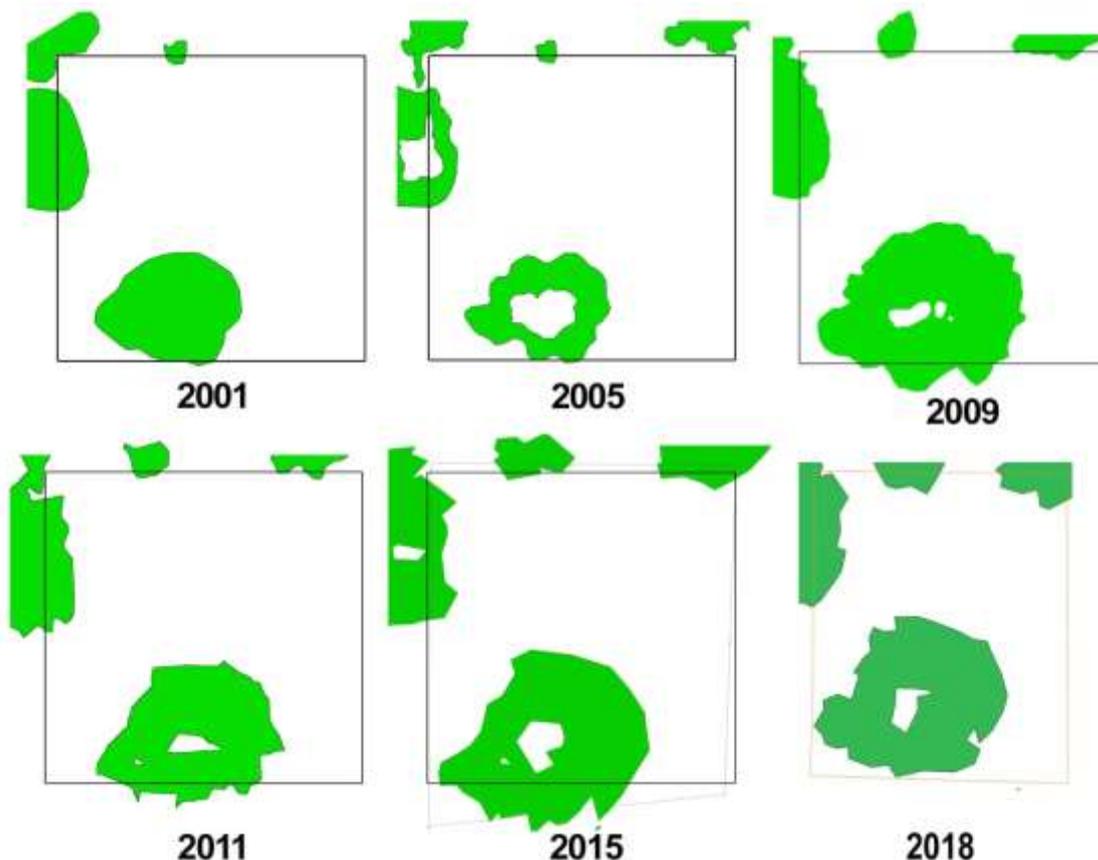
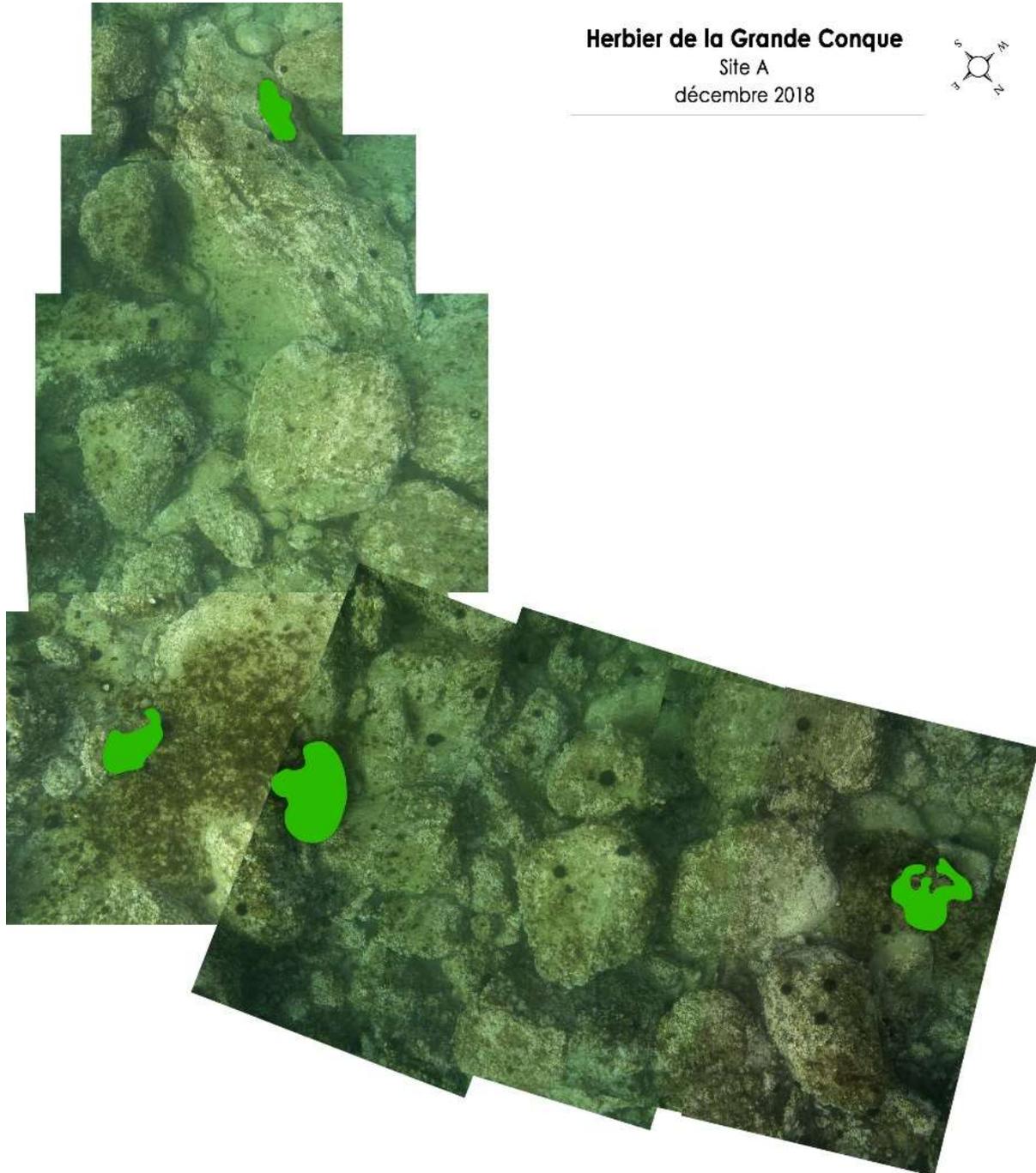


Figure 8: Représentation de l'évolution du recouvrement dans le carré permanent du site des Mattes entre 2001 et 2018.

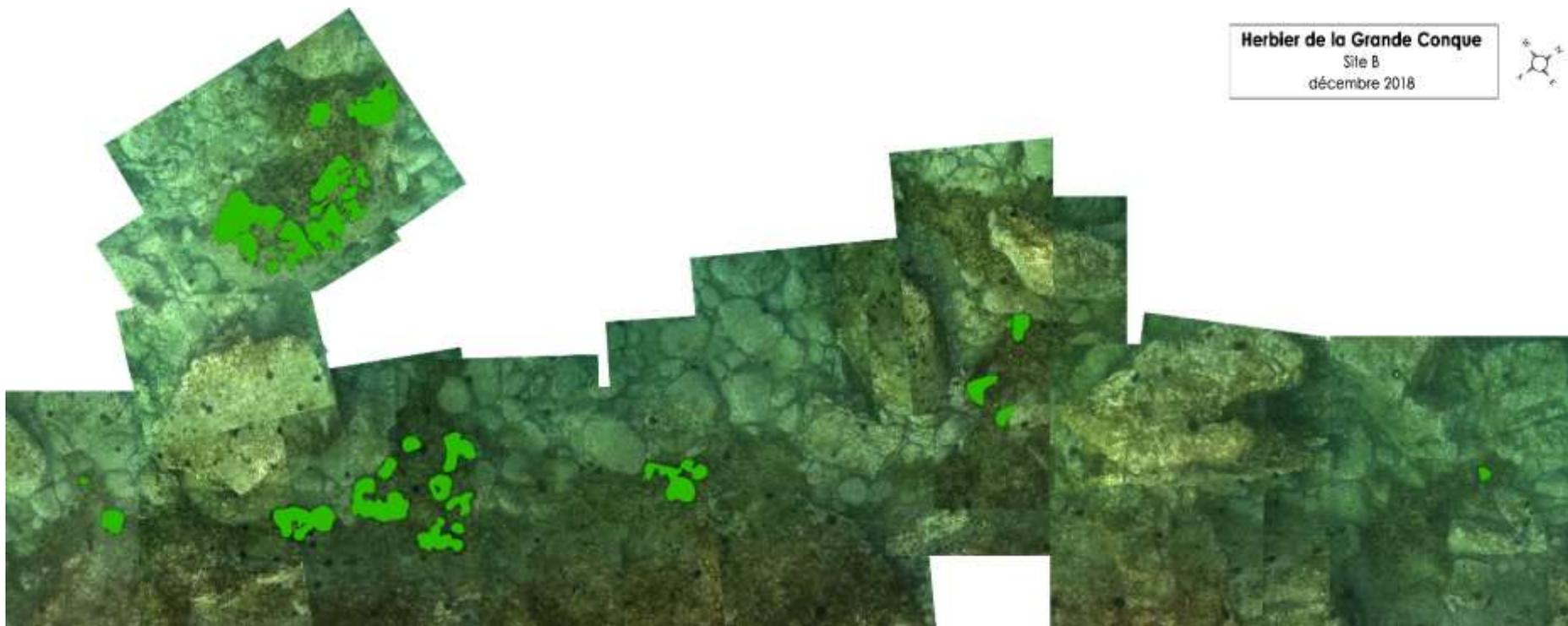
3.1.3 Etat des lieux des petites tâches d'herbier de la Grande Conque, du Sentier sous-marin et du Môle

Localisation des herbiers dans la Figure 4

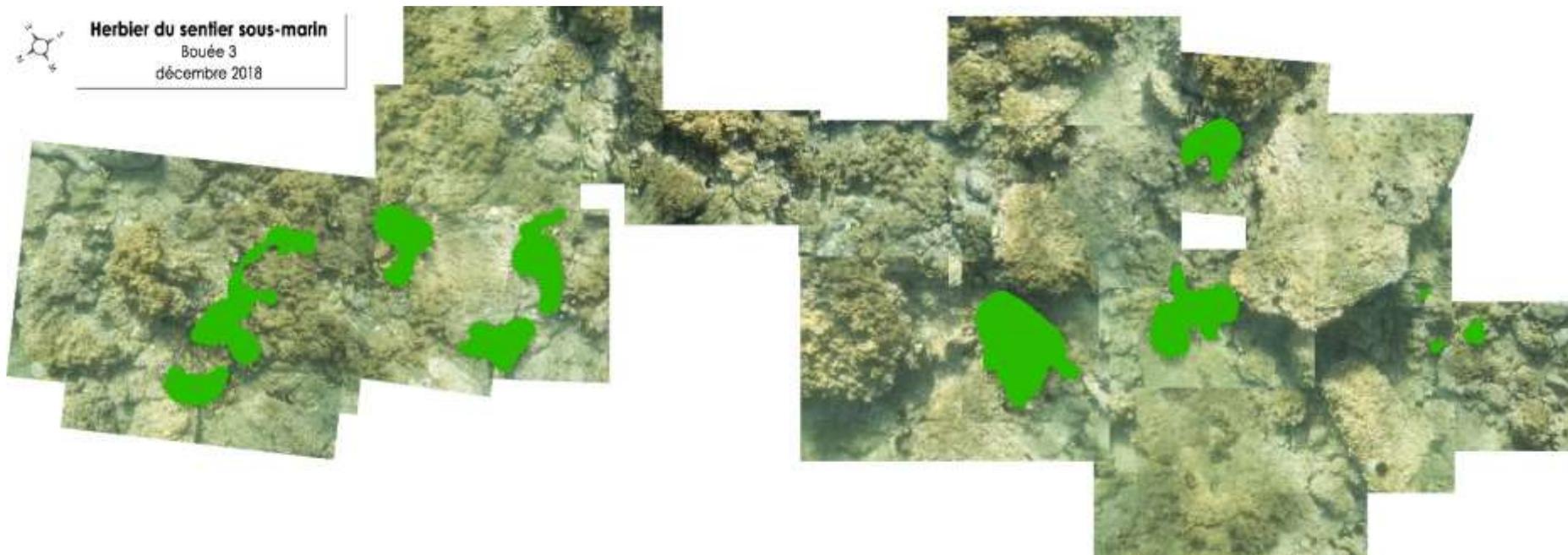
3.1.3.1 Site de la Grande Conque

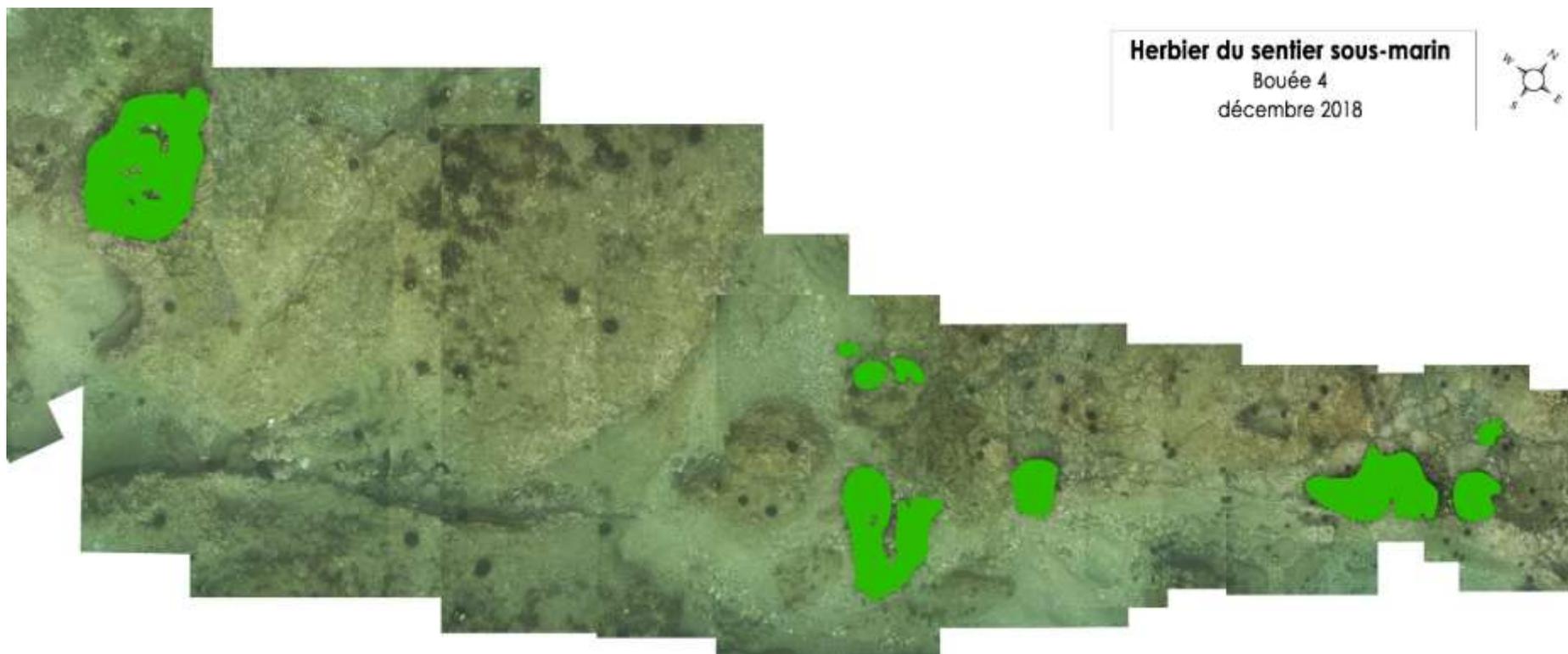


Herbier de la Grande Conque
Site B
décembre 2018



3.1.3.2 Site du Sentier sous-marin

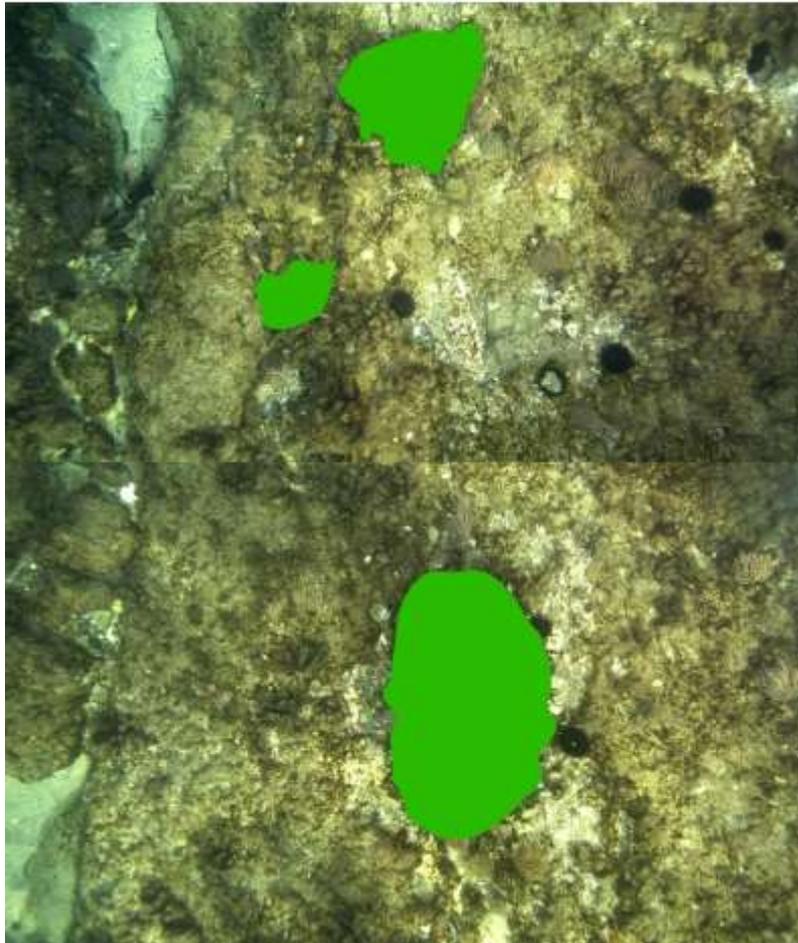




3.1.3.3 Site du Môle



Herbier du môle
décembre 2018



3.2 Inventaire cartographique des Grandes nacres au sein de l'herbier

Pour des raisons techniques, la cartographie par télémétrie acoustique de 2018 n'a pas pu être effectuée.

3.3 Analyse de l'état de vitalité de la plante

3.3.1 Phénologie

L'analyse phénologique a été menée sur les 3 herbiers. Les résultats sont traités par herbier (Tableau 8 ; Tableau 11 ; Tableau 14) en précisant les résultats des précédents suivis.

3.3.1.1 Les Mattes

Tableau 8: Résultats de l'analyse phénologique de l'herbier des Mattes de 2005 à 2018.

Mattes	2018		2015		2013		2011		2009		2005	
	Moyenne	Ecart type										
Longueur moyenne des feuilles (mm)	263,6	139,2	277,4	49,1	373,7	103,7	377,6	130,8	366,0	85,6	/	/
Longueur moyenne des F1 (mm)	391,9	131,6	429,7	118,5	494,8	84,7	490,5	67,4	501,0	53,0	232,0	53,0
Longueur moyenne des F2 (mm)	342,5	108,9	386,5	61,7	469,7	75,3	459,3	55,8	456,3	43,9	222,0	58,0
Largeur moyenne des feuilles (mm)	10,1	1,2	9,8	0,2	10,1	0,5	10,1	0,4	10,0	1,2	/	/
Coefficient A (%)	69,4	16,9	65,1	16,2	89,0	9,0	72,0	16,5	90,0	12,0	/	/
Surface foliaire moyenne /faisceaux (cm ² /fscx)	162,5	69,3	153,0	38,1	209,8	47,1	172,8	27,5	194,9	32,0	/	/
LAI (m ² de feuille /m ² d'herbier)	14,0	6,0	11,1	4,1	15,2	3,4	15,6	2,5	12,9	2,1	/	/
Nb de feuille /faisceaux	5,0	0,8	5,7	1,0	5,8	0,9	4,4	0,8	5,3	0,8	8,0	2,5
Nb de feuille juvénile /faisceaux	0,9	0,9	0,4	0,5	0,73	0,46	1,33	0,49	/	/	/	/
Densité des faisceaux (nb de fscx /m ²)	859,8	155,0	835,7	158,0	724,2	145,1	900,0	185,7	696,6	160,8	463,2	179,1
Charge en épibiontes (E/L)	0,070	0,050	0,092	0,068	0,103	0,052	0,197	0,103	/	/	/	/

Entre 2005 -2009 et entre 2009-2011, il est mis en évidence une augmentation significative de la densité de l'herbier du site des Mattes. Cette densité diminue significativement entre 2011 et 2013 (Comparaison multiple Kuskall-Wallis, Tableau 9 & Figure 9). Depuis 2013 les densités de cet herbier fluctuent entre 700 faisceaux/m² et 900 faisceaux/m² sans que les différences entre les années ne soient significatives (Comparaison multiple Kuskall-Wallis, Tableau 9 / Figure 9).

Tableau 9: Comparaison multiple Kruskal-wallis de la densité sur le site des Mattes entre 2005-2018, en rouge différence significative Pvalue<0,05

Dépend. : Densités	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) Densités					
	A2005 R:28,132	A2009 R:74,550	A2011 R:126,71	A2013 R:81,400	A2015 R:112,76	A2018 R:119,41
A2005		0,006967	0,000000	0,004652	0,000002	0,000000
A2009	0,006967		0,000663	1,000000	0,041595	0,004227
A2011	0,000000	0,000663		0,023530	1,000000	1,000000
A2013	0,004652	1,000000	0,023530		0,429835	0,097096
A2015	0,000002	0,041595	1,000000	0,429835		1,000000
A2018	0,000000	0,004227	1,000000	0,097096	1,000000	

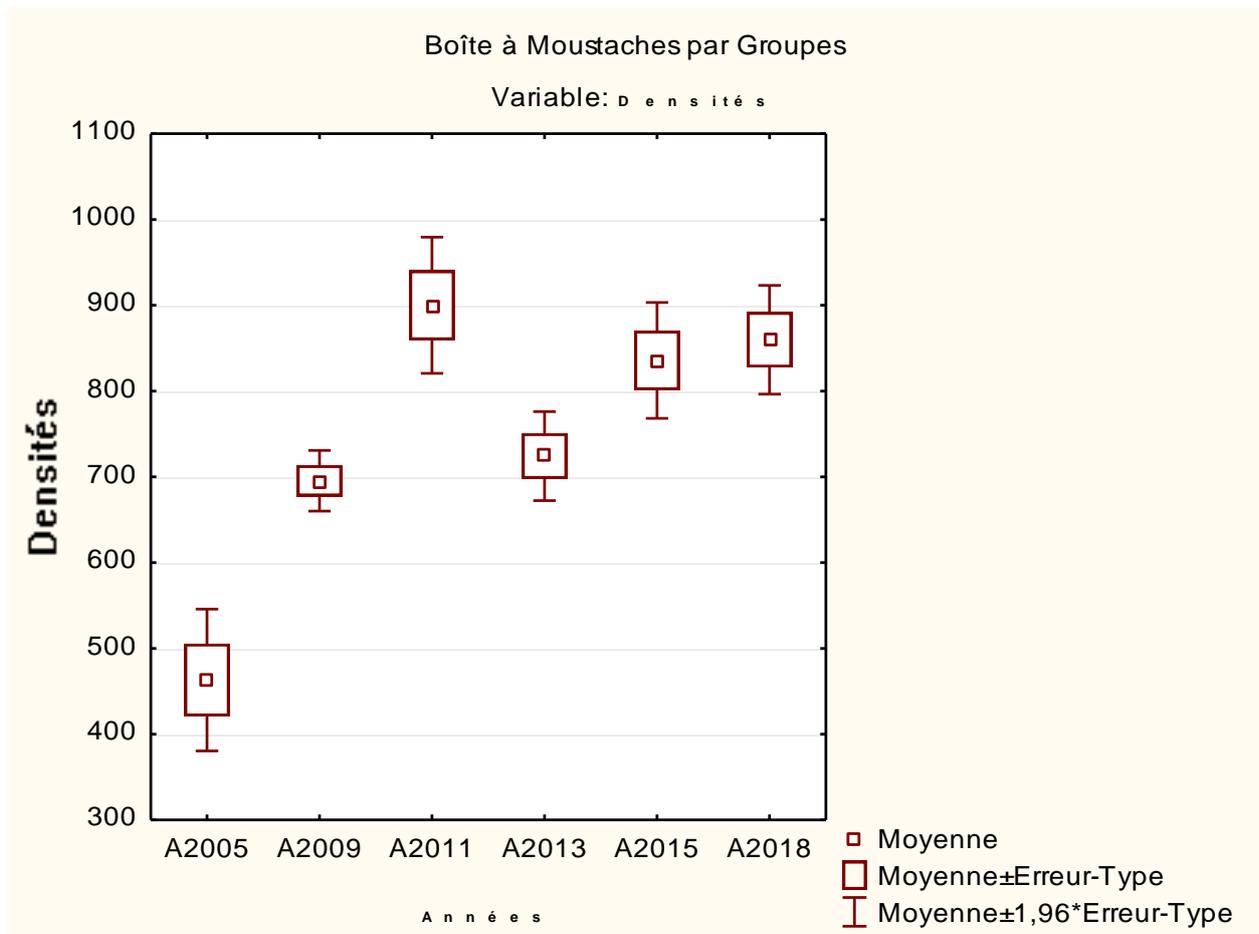


Figure 9: Densité moyenne du site des Mattes de 2005 à 2018.

Classé « médiocre » en 2005 selon l'abaque de Pergent-Martini et Pergent, 2010 (Tableau 10), le site des Mattes se classe en « normal » à « bon » depuis 2009.

Tableau 10: Classement de la densité des Mattes selon les abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.

Classification densité	2005	2009	2011	2013	2015	2018
Pergent-Martini & Pergent 2010	Médiocre	Normal	Bon	Normal	Bon	Bon
Pergent-Martini 1994	DSI	DN	DSS	DN	DN-DSS	DSS
Giraud	Stade 2 Herbier dense	Stade 2 Herbier dense	Stade 1 Herbier très dense			

L'analyse du **nombre de feuilles par faisceaux** montre une relative stabilité au cours des années depuis 2013 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis). Seule l'année 2011 présente des valeurs de nombre de feuilles par faisceaux plus faibles que les quatre autres années (Comparaison multiple Kruskal-Wallis ; 2011-2009, 2013, 2015 et 2018 $P < 0,05$ / Annexe 8).

Sur la totalité des feuilles adultes et intermédiaires d'un faisceau, la **longueur moyenne** est en diminution depuis 2015, suite à une stabilité de 2009 à 2013 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis ; 2013-2015 $P < 0,05$ / Annexe 8).

L'analyse de la **surface foliaire par faisceau et du LAI** met en évidence une diminution depuis 2015, suite à une stabilité depuis 2009 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis ; 2013-2015 $P < 0,05$; Figure 10). Il n'y a pas de différence significative pour ce paramètre entre 2015 et 2018 (Comparaison multiple de Kruskal-Wallis ; 2015-2018 $P > 0,05$ / Annexe 8).

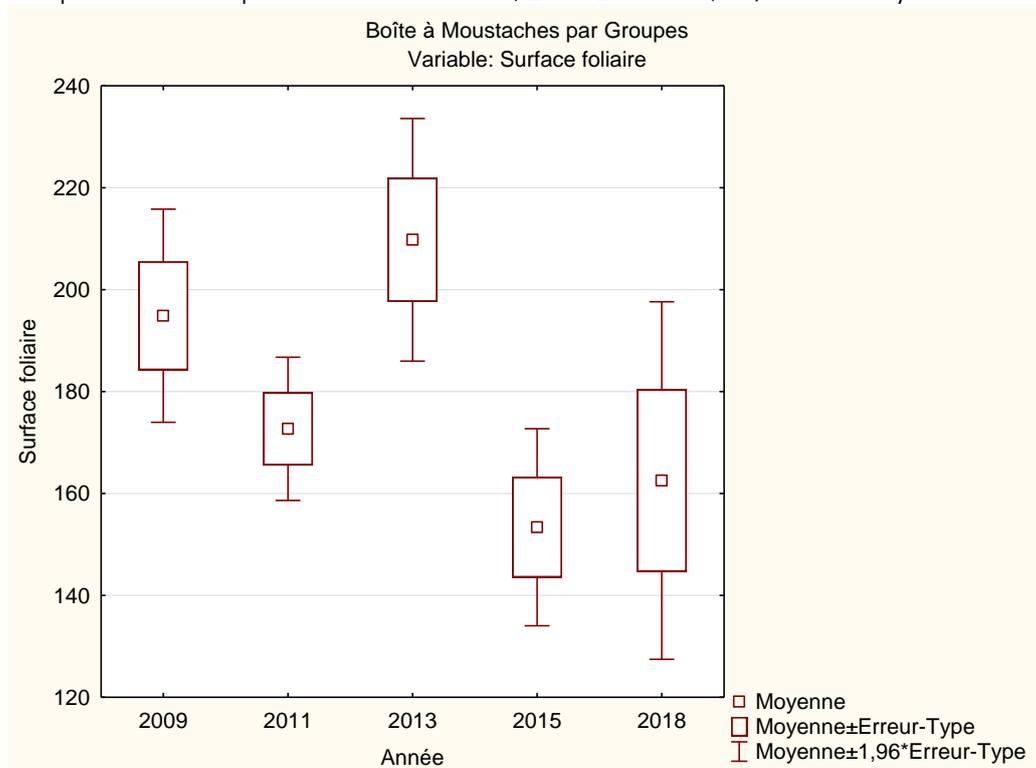


Figure 10: Surface foliaire moyenne pour le site des Mattes de 2009 à 2018.

Le **coefficient A** est plus faible en 2015 par rapport à 2013, suite à une stabilité depuis 2009 (Comparaison multiple de Kruskal-Wallis ; 2013-2015 $P < 0,05$). Puis, de 2015 à 2018 la stabilité a de nouveau été mise en évidence (Comparaison multiple de Kruskal-Wallis ; 2015-2018 $P > 0,05$ / Annexe 8).

Bien qu'une diminution progressive du **ratio épiphytes / feuilles** par faisceaux s'observe au regard des données, celle-ci n'est pas significative, il n'y a donc pas de différence d'année en année. Seule la première année (2011) et la dernière (2018) sont significativement différentes (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2011-2018 $P < 0,05$ / Annexe 8).

3.3.1.2 Les Battuts

Tableau 11 : Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier des Battuts entre 2001 et 2015.

Battuts	2018		2015		2013		2011		2009		2005		2001	
	Moyenne	Ecart type												
Longueur moyenne des feuilles (mm)	288,5	171,2	394,4	87,8	338,7	136,6	384,0	79,7	245,1	88,5	/	/	/	/
Longueur moyenne des F1 (mm)	470,5	113,1	567,5	113,6	481,2	145,4	536,7	93,1	368,8	150,4	304,0	33,0	/	/
Longueur moyenne des F2 (mm)	373,8	119,5	477,9	150,1	442,7	145,7	469,3	49,8	322,3	80,9	262,0	26,0	/	/
Largeur moyenne des feuilles (mm)	9,6	1,3	9,8	0,6	9,6	1,0	9,9	0,7	9,1	0,9	/	/	/	/
Coefficient A (%)	76,4	16,7	86,9	14,8	79,0	17,0	85,0	13,7	66,7	15,5	/	/	/	/
Surface foliaire moyenne /faisceaux (cm ² /fscx)	137,9	40,7	180,1	65,7	169,7	67,4	195,3	43,3	130,6	61,8	/	/	/	/
LAI (m ² de feuille /m ² d'herbier)	12,6	3,7	10,5	4,8	9,6	3,8	15,2	3,4	10,7	5,1	/	/	/	/
Nb de feuille /faisceaux	5,0	0,8	4,3	1	5,4	0,9	5,9	1,3	5,3	0,6	6,5	1,9	/	/
Nb de feuille juvénile /faisceaux	0,3	0,5	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	/	/	/	/	/	/
Densité des faisceaux (nb de fscx /m ²)	911,4	176,1	538,1	131,2	566,7	139,63	778,4	175,98	823,8	175,9	339,7	74,5	397,9	86,2
Charge en épibiontes (E/L)	0,154	0,066	0,037	0,02	0,081	0,04	0,088	0,017	/	/	/	/	/	/

Entre 2005 et 2009, la densité de l'herbier des Battuts augmente significativement (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P < 0,05$, Tableau 12). Après une période de stabilité entre 2009 et 2011, les densités de 2009 et 2011 ne sont pas significativement différentes selon le test de Kruskal-Wallis ($P > 0,05$), la densité diminue significativement en 2013 ($P < 0,05$) puis reste de nouveau stable de 2013 à 2015 ($P > 0,05$). Entre 2015 et 2018, la densité de cet herbier a augmenté de manière significative ($P < 0,05$) pour atteindre une densité similaire de celles de 2009 et 2011 ($P > 0,05$) (Figure 11).

Tableau 12: Comparaison multiple Kruskal-wallis de la densité sur le site des Battuts entre 2001-2018. En rouge différence significative $P < 0,05$.

Dépend. : Densités	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) (feuille de données 6) Var. indépendante (classement) Années Test de Kruskal-Wallis : $H(5, N=149) = 104,2854$ $p = 0,00$					
	A2005 R:21,235	A2009 R:109,93	A2011 R:103,27	A2013 R:66,583	A2015 R:62,262	A2018 R:121,70
A2005		0,000000	0,000000	0,000410	0,009215	0,000000
A2009	0,000000		1,000000	0,007551	0,006121	1,000000
A2011	0,000000	1,000000		0,036836	0,027606	1,000000
A2013	0,000410	0,007551	0,036836		1,000000	0,000080
A2015	0,009215	0,006121	0,027606	1,000000		0,000095
A2018	0,000000	1,000000	1,000000	0,000080	0,000095	

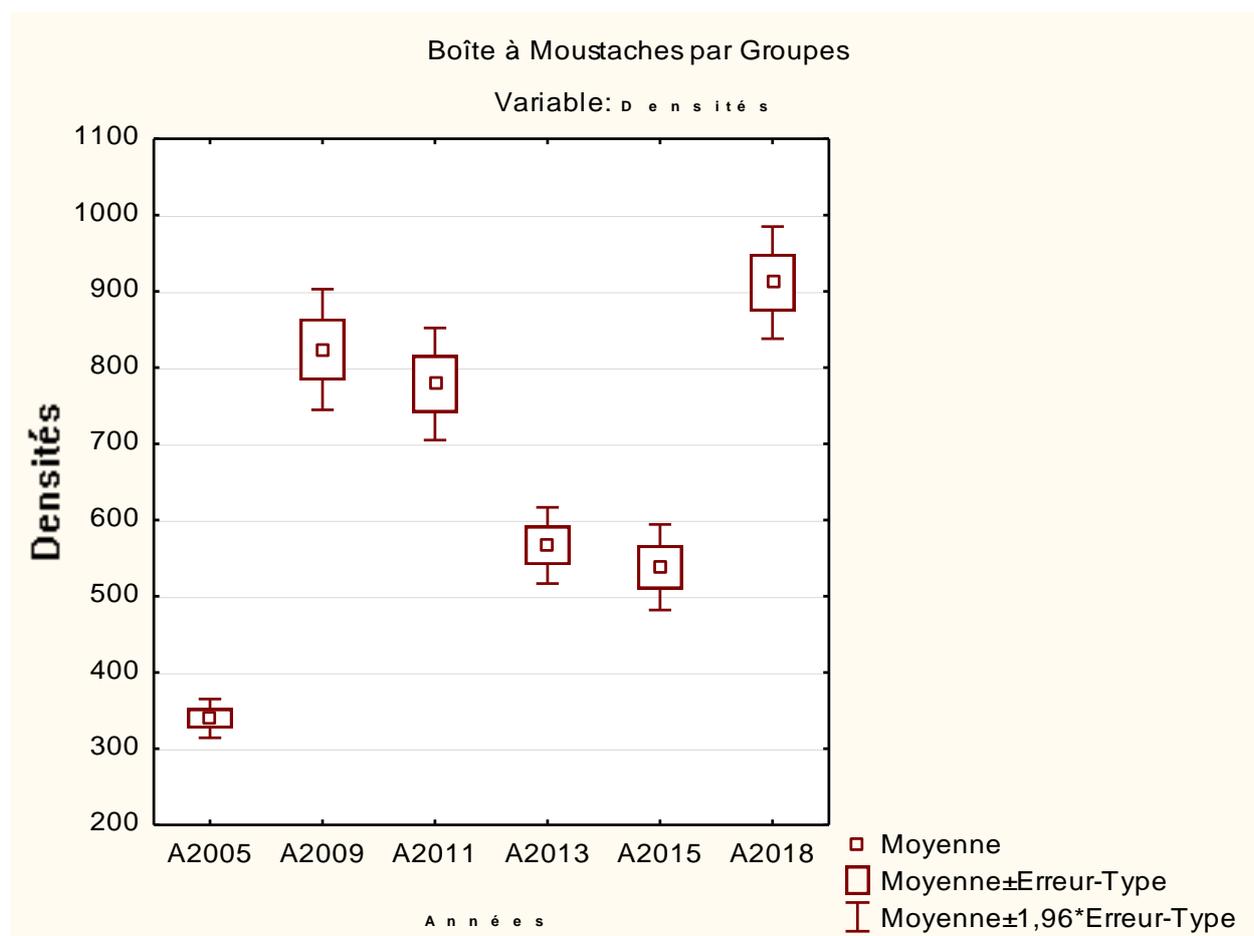


Figure 11: Densité moyenne sur le site des Battuts entre 2001 et 2018.

L'évolution de la densité au cours de ces 15 années se traduit selon l'abaque de Pergent & Martini et Pergent (2010) par une densité médiocre et mauvaise lors des deux premières études, suivi par des valeurs bonnes en 2009 et 2011 et enfin une densité considérée comme normale en 2013 puis médiocre en 2015 et enfin excellente en 2018 (Tableau 13).

Tableau 13: Classement de la densité des Battuts selon les abaques de Giraud, Pergent-Martin et Pergent.

Classification densité	2001	2005	2009	2011	2013	2015	2018
Pergent-Martini & Pergent 2010	Médiocre	Mauvais	Bon	Bon	Normal	Médiocre	Excellent
Pergent-Martini 1994	DA	DA	DSS	DSS	DN	DN	DSS
Giraud	Stade 3 Herbier peu dense	Stade 3 Herbier peu dense	Stade 1 Herbier très dense	Stade 1 Herbier très dense	Stade 2 Herbier dense	Stade 2 Herbier dense	Stade 1 Herbier très dense

Le **nombre de feuilles par faisceaux** est stable au cours des suivis depuis 2009 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P > 0,05$ / Annexe 8).

Sur la totalité des feuilles adultes et intermédiaires d'un faisceau, la **longueur moyenne** fluctue au cours des années. Entre 2009 et 2011, la longueur moyenne augmente (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P < 0,05$ / Annexe 8), se stabilise ensuite entre 2011 et 2015 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P > 0,05$) puis diminue en 2018 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P < 0,05$ / Annexe 8).

Le **coefficient A** est stable depuis 2009 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P > 0,05$ / Annexe 8).

La **surface foliaire** est stable sur les 5 années (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P > 0,05$; Figure 12 / Annexe 8).

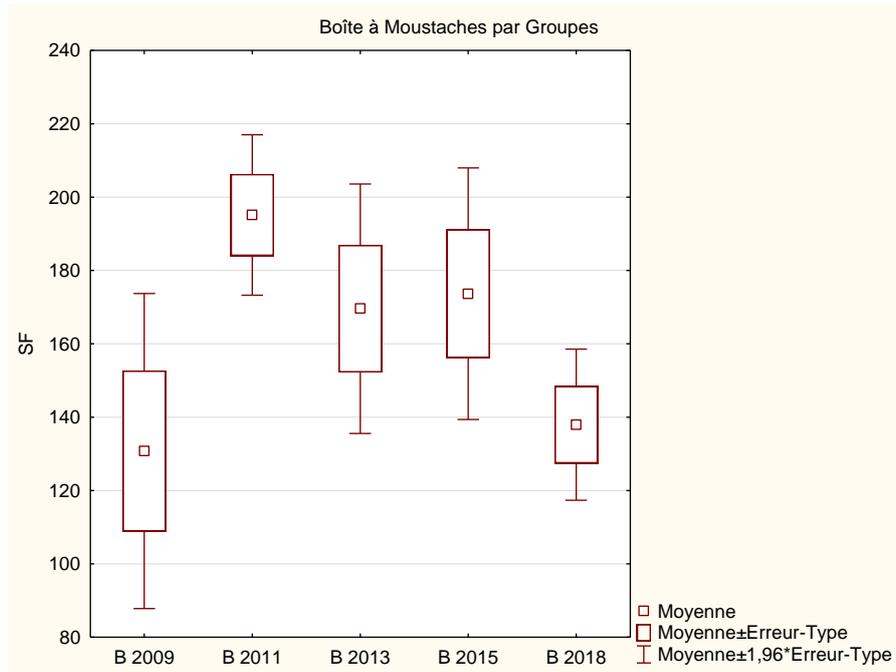


Figure 12 : Surface foliaire moyennes des Battuts de 2009 à 2018.

Concernant le **LAI**, l'année 2011 est supérieure aux trois autres années (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2011/ 2009-2013-2015 $P < 0,05$ / Annexe 8). L'année 2018 ne présente pas de différences significatives avec les quatre autres années de suivi pour ce paramètre (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2018/ 2009-2011-2013-2015 $P > 0,05$ / Annexe 8).

Le **ratio épiphytes / feuilles** par faisceaux en baisse entre 2013 et 2015 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2013-2015 $P < 0,05$ / Annexe 8) a ré-augmenté significativement en 2018 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2015-2018 $P < 0,05$ / Annexe 8) en passant d'en moyenne $0,037 \pm 0,02$ en 2015 à $0,154 \pm 0,066$ en 2018.

3.3.1.3 Le Port

Tableau 14: Résultats de l'analyse phénologique sur l'herbier du Port entre 2001 et 2015.

Port	2018		2015		2013		2011		2009		2005		2001	
	Moyenne	Ecart type												
Longueur moyenne des feuilles (mm)	250,5	117,1	256,1	76,1	337,8	93,5	503,4	186,2	287,6	135,6	/	/		
Longueur moyenne des F1 (mm)	365,9	93,0	393,8	154,0	475,8	59,8	716,1	140,2	457,7	172,0	366,0	29,0		
Longueur moyenne des F2 (mm)	294,9	96,9	348,1	149,0	430,5	54,1	566,9	118,5	395,0	151,0	328,0	53,0		
Largeur moyenne des feuilles (mm)	9,3	0,8	9,5	0,4	9,6	0,6	9,6	0,4	8,9	1,0	/	/		
Coefficient A (%)	75,1	16,6	86,3	12,8	79,0	20,0	78,0	17,3	81,0	9,0	/	/		
Surface foliaire moyenne /faisceaux (cm ² /fscx)	122,1	48,3	122,5	32,1	196,2	52,5	196,1	45,9	153,6	83,0	/	/		
LAI (m ² de feuille /m ² d'herbier)	9,1	3,5	7,4	1,9	9,3	2,5	12,1	2,8	8,6	4,7	/	/		
Nb de feuille /faisceaux	5,2	1,5	5,2	1,1	6,3	1,2	5,5	0,8	5,5	0,7	5,1	1,2		
Nb de feuille juvénile /faisceaux	1,2	0,9	0,7	0,7	0,8	0,6	1	0,5	/	/	/	/		
Densité des faisceaux (nb de fscx /m ²)	744,3	119,5	602,4	141,4	474,2	131,4	615,5	159,4	562,5	157,2	544,4	114,1	643,7	122,4
Charge en épibiontes (E/L)	0,119	0,059	0,036	0,02	0,128	0,048	0,143	0,095	/	/	/	/		

Depuis 2005, les valeurs de densité sont relativement stables (Comparaison multiple Kruskal-Wallis, **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ; Figure 13) mise à part l'année 2013 où les valeurs de densité sont plus faibles par rapport à 2011 et à 2018 ($P < 0,05$). Les densités des faisceaux sont significativement plus élevées en 2018 par rapport aux valeurs relevées en 2005 et en 2009 ($P < 0,05$).

Tableau 15: Comparaison multiple Kruskal-wallis de la densité sur le site du Port entre le 2005-2018. En rouge différence significative $P < 0,05$.

Dépend. : Densités	Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) Densités (feuille de données 6) Var. indépendante (classement) Années Test de Kruskal-Wallis : $H(5, N=123) = 38,87573$ $p = ,000$					
	A2005 R:53,833	A2009 R:54,500	A2011 R:68,548	A2013 R:36,517	A2015 R:65,929	A2018 R:96,909
A2005		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,033917
A2009	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,001770
A2011	1,000000	1,000000		0,023846	1,000000	0,136765
A2013	1,000000	1,000000	0,023846		0,056045	0,000000
A2015	1,000000	1,000000	1,000000	0,056045		0,065907
A2018	0,033917	0,001770	0,136765	0,000000	0,065907	

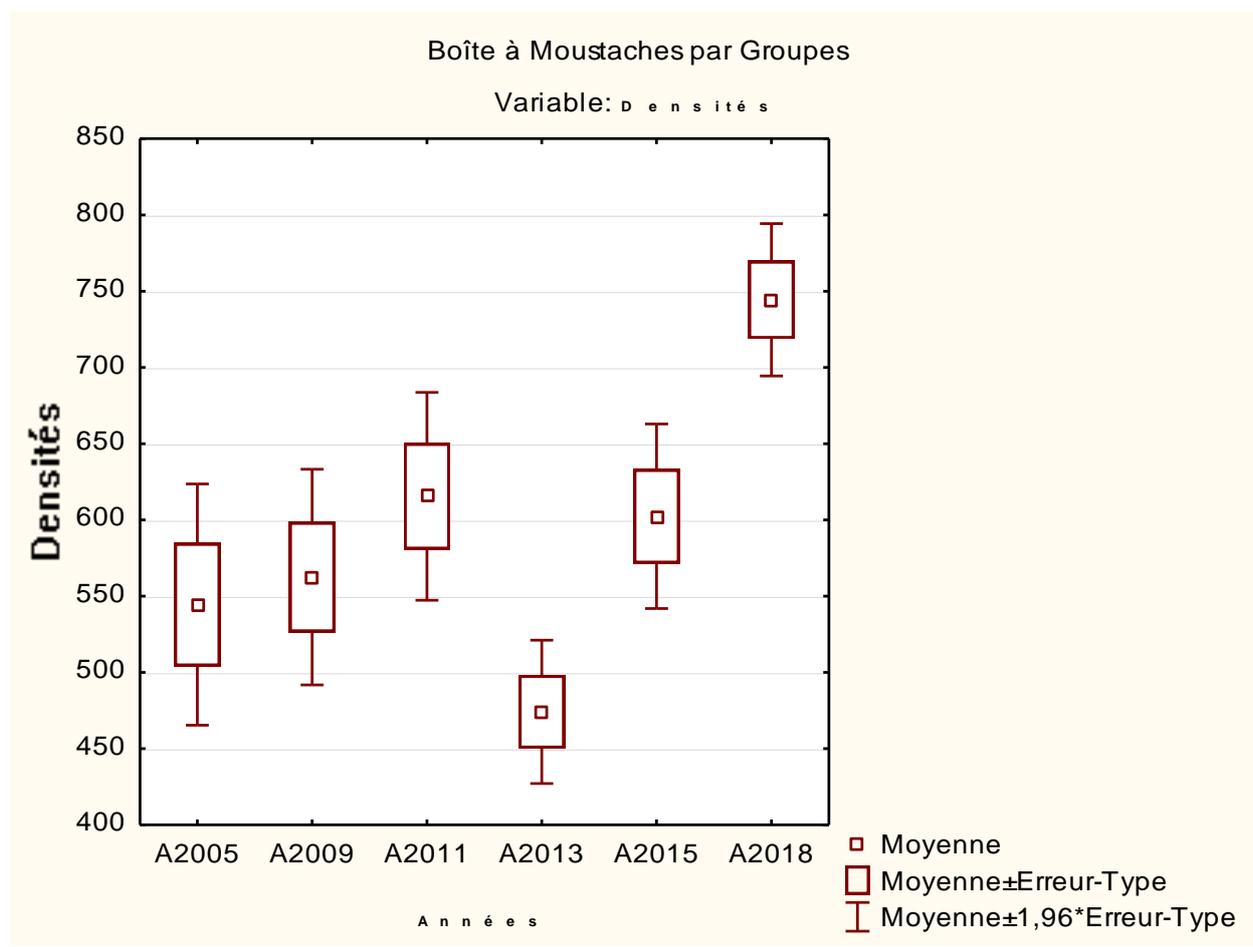


Figure 13: Densité moyenne du site du Port entre 2005 et 2018.

Le classement de l'herbier du port selon l'abaque de Pergent & Martini et Pergent (2010) oscille entre « normal » et « bon » depuis 2001 (Tableau 15).

Tableau 16: Classement de la densité du Port par rapport aux abaques de Giraud, Pergent-Martini et Pergent.

Classification densité	2001	2005	2009	2011	2013	2015	2018
Pergent-Martini & Pergent 2010	Bon	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bon
Pergent-Martini 1994	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DSS
Giraud	Stade 2 Herbier dense	Stade 1 Herbier très dense					

A l'exception des valeurs un peu plus importantes de 2011, le **nombre de feuilles par faisceaux** entre les années est stable (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2009-2011 $P < 0,05$ / Annexe 8).

La **longueur moyenne** des feuilles adultes et intermédiaires d'un faisceau est relativement stable depuis 2009 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis, $P > 0,05$ / Annexe 8) hormis pour l'année 2011 où les valeurs étaient significativement plus élevées que pour les quatre autres suivis (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2011-2009, 2013, 2015, 2018 $P < 0,05$ / Annexe 8).

Le **Coefficient A** est stable depuis 2009 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P > 0,05$ / Annexe 8).

La **surface foliaire** est restée stable de 2009 à 2013 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P > 0,05$; Figure 14), puis elle a diminué en 2015 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P < 0,05$). Il n'y a pas de différences significatives pour ce paramètre entre 2015 et 2018 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2015-2018 $P > 0,05$ / Annexe 8).

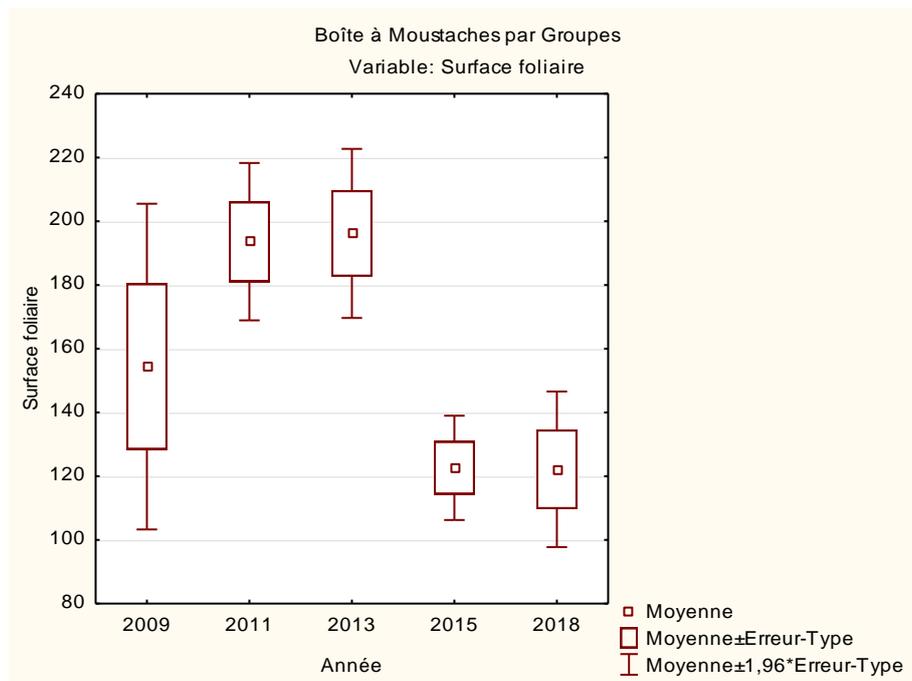


Figure 14: Surface foliaire moyenne pour le site du Port de 2009 à 2018.

Stable sur les deux premiers suivis (2011 et 2013), le **ratio épiphytes / feuilles** par faisceaux était en baisse en 2015 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2013-2015 $P < 0,05$ / Annexe 8). Ce paramètre a ré-augmenté en 2018 (Comparaison multiple Kruskal-Wallis 2013-2015 $P < 0,05$ / Annexe 8).

3.3.1.4 Comparaison entre site

En 2018, la densité de l'herbier du port est significativement inférieure à celle de l'herbier des Battuts (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P < 0,05$, Tableau 17, Figure 15). En revanche pour cette année, il n'y a pas de différence significative de densité entre les herbiers des Mattes et celui des Battuts tout comme entre l'herbier du Port et celui des Mattes (Comparaison multiple Kruskal-Wallis $P > 0,05$).

Tableau 17 : Comparaison multiple Kruskal-wallis de la densité en 2018 entre les trois sites : Port, Mattes et Battuts. En rouge différence significative $P < 0,05$.

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Densités (Feuille de donnée Var. indépendante (classement) : Sites Test de Kruskal-Wallis : $H(2, N=67) = 11,76639$ $p = ,002$			
Dépend. : Densités	Port R:22,841	Mattes R:36,630	Battuts R:42,409
Port		0,052918	0,002598
Mattes	0,052918		0,959973
Battuts	0,002598	0,959973	

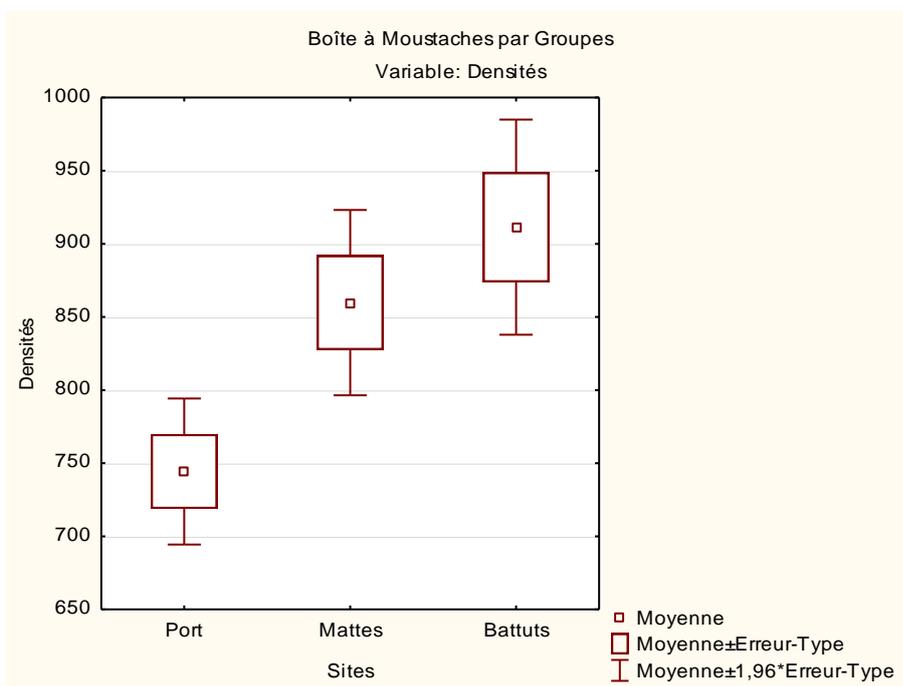


Figure 15: Densité moyenne en 2018 de sites Port, Mattes et Battuts.

3.4 Appréciation de l'état écologique de la masse d'eau côtière (DCE)

Le calcul de l'EQR Posidonie met en évidence une bonne qualité de la masse d'eau côtière d'Agde C02C depuis 2011 (Tableau 18) au niveau des sites des Mattes et des Battuts. En 2009,

lors du contrôle de surveillance des eaux côtières de la Directive Cadre Eau, les herbiers du Cap d'Agde ont été classés en état « Moyen » (Dutrieux *et al.*, 2010). En 2018, l'herbier du port affiche un état « moyen » selon les critères de la Directive Cadre sur L'Eau.

Tableau 18: Calcul de l'EQR Posidonie de la Directive Cadre Eau.

	2018		2015		2013		2011		2009 (DCE, Dutrieux <i>et al.</i> , 2010)	
Mattes	0,594	Bon	0,61	Bon	0,72	Bon	0,76	Bon	0,543	Moyen
Battus	0,579	Bon	0,58	Bon	0,694	Bon	0,77	Bon		
Port	0,525	Moyen	0,6	Bon	0,732	Bon	0,77	Bon		

3.5 Evaluation écosystémique (EBQI)

Le résultat de l'EBQI obtenu pour les sites des Mattes et des Battus est respectivement de 5,14 et 5,00, ce qui correspond selon la grille de cotation à un état écologique de l'herbier moyen. Pour le site du Port, l'EBQI est de 4,20 ce qui correspond à un état écologique qualifié de médiocre. L'indice de confiance est bon (3,06/4).

Tableau 2: Calcul de l'EBQI

	2018	
Mattes	5,14	Moyen
Battus	5,00	Moyen
Port	4,20	Médiocre

4 Discussion

4.1 Phénologie

Le suivi de la densité des herbiers montre des variations interannuelles. Sur les trois herbiers suivis, l'herbier du Port a les valeurs de densité moyenne les plus stables depuis 2005. Selon l'abaque de Pergent-Martini et Pergent (2010) cet herbier classé comme « normal » depuis 2015 est classé comme « bon » en 2018 (Figure 28).

Pour l'herbier des Mattes, les valeurs moyennes de la densité tendent en augmenter depuis 2005 passant d'une densité moyenne de 463 fscx/m² en 2005 à 860 fscx/m² en 2018 (Figure 27). Selon l'abaque de Pergent-Martini et Pergent (2010) cet herbier été classé « médiocre » en 2005 et depuis 2009, il oscille entre « normal » et « bon » (Figure 28).

Les valeurs de densité pour herbier des Battuts montrent les plus grandes variations interannuelles. L'herbier passe ainsi d'un classement, selon l'abaque de Pergent-Martini et Pergent (2010), de « mauvais » en 2005 à « bon » en 2009 et 2011 puis à « normal » pour les années 2013 et 2015 et enfin à « excellent » en 2018.

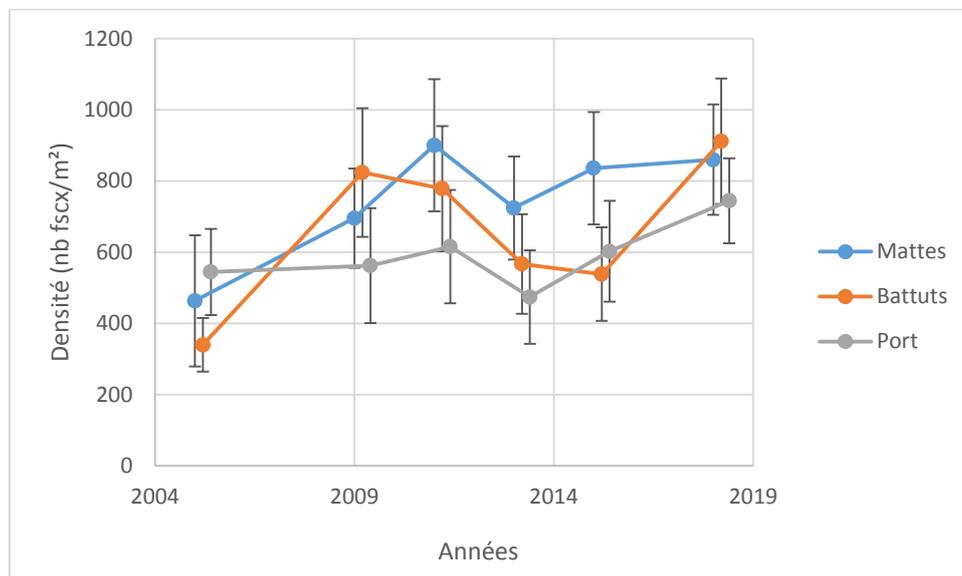


Figure 16: Variation de la densité dans le temps sur les trois sites d'étude.

La variabilité des mesures de densité montre l'importance d'un suivi sur le long terme, comme préconisé par Romero en 2007, et Terrados & Medina-Pons en 2011, qui ont montré qu'une variation interannuelle entre 100 à 200 faisceaux/m² était commune dans les suivis de la densité. Seul l'herbier des Battuts montrent des variations entre suivis bien plus importantes entre 2005/2009 et 2015/2018.

Dans les trois herbiers, le nombre de feuilles par faisceaux est globalement stable depuis 2005, avec en moyenne entre 5 et 6 feuilles.

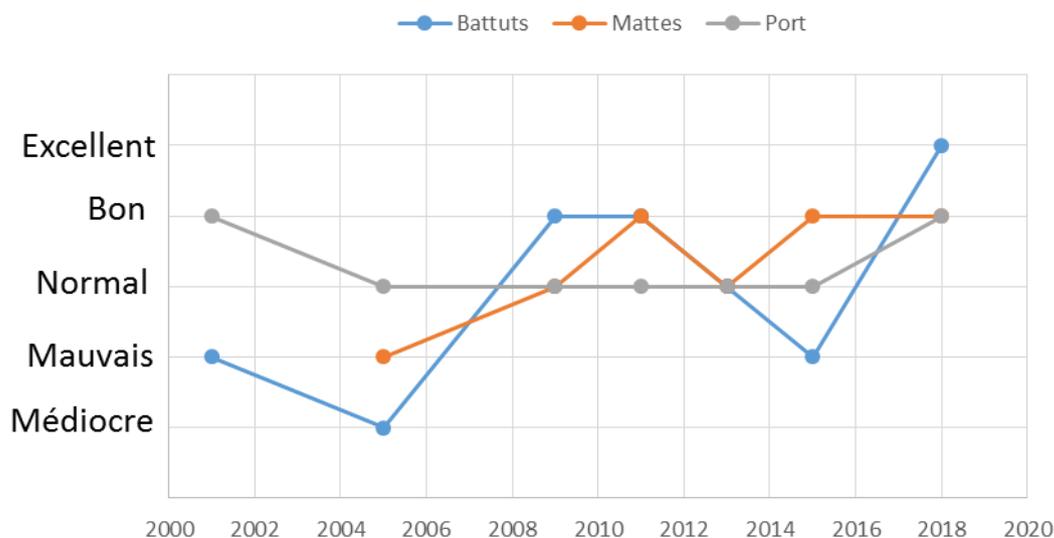


Figure 17: Evolution de l'état des herbiers sur les trois sites d'étude selon l'abaque de Pergent-Martini et Pergent (2010).

La surface foliaire des trois sites est stable de 2009 à 2013, puis diminue en 2015 pour le site des Mattes et du Port. En 2018, pour l'ensemble des trois sites, la surface foliaire n'a pas évolué significativement depuis 2015. L'analyse inter-sites de la surface foliaire montre une similarité en 2018 (Comparaison multiple : Kruskal-Wallis $P > 0,05$ / Annexe 8). Sans considérer le facteur épiphyte, les trois herbiers ont donc le même potentiel photosynthétique à l'échelle d'un faisceau.

Les épiphytes ont une contribution significative sur la production primaire globale des herbiers (Klump *et al.*, 1992 In : Zimmermann, 2006 ; Mabrouk *et al.*, 2013), ils peuvent être aussi considérés comme un indicateur de la concentration en nutriments dans la colonne d'eau (Torredos & Medina-Pons, 2011). Les épiphytes représentent une « barrière » à la lumière et aux échanges avec le milieu (CO_2 , nutriments), pouvant contribuer à la diminution de la vitalité d'un herbier (Zimmermann, 2006). La concentration en nutriments dans la colonne d'eau et la pression de broutage sont considérés comme les principaux facteurs influençant le développement des épiphytes, bien qu'ils soient à pondérer avec la température de la colonne d'eau (Torredos & Medina-Pons, 2011).

Sur les 3 sites d'étude le rapport poids sec en épiphyte / poids sec des feuilles est globalement stable depuis le premier suivi.

4.2 Appréciation de l'état écologique de la masse d'eau côtière (DCE)

Les métriques suivies lors de cette étude sont compatibles pour le calcul de l'EQR « Posidonies » dans le cadre de la DCE. Ce calcul a été effectué pour les trois herbiers. Les résultats de l'indicateur « Posidonie » montrent une bonne qualité de la masse d'eau côtière et cela depuis 2011 pour les sites des Mattes et des Battus. Une diminution de cet indicateur est à noter pour le site du Port qui est passé de bon en 2015 et ce depuis 2011, à moyen en 2018.

Cette baisse s'explique par une faible diminution de la longueur moyenne des feuilles. En effet, même si elle n'est pas significative, la lecture directe des valeurs révèle une faible diminution qui influence le calcul de la surface foliaire et donc de l'EQR. Cette légère diminution avait aussi été observée en 2015, cependant les plus faibles valeurs de la charge

en épiphytes observées lors de cette année avait permis de compenser l'évolution de la longueur des feuilles dans le calcul de l'EQR.

4.3 Evaluation écosystémique (EBQI)

Les résultats de l'EBQI sur l'écosystème herbier de posidonies montrent un état moyen de cet écosystème pour deux des sites étudiés (les Mattes et les Battus) et un état médiocre pour le troisième site (le Port). Il faut cependant préciser que certains points dans la méthodologie préconisée ne sont pas adaptés aux sites étudiés. Ainsi, le modèle permettant le calcul de l'EBQI est basé sur un type d'herbier dit de plaine, or les herbiers présents dans l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise correspondent d'avantage à des herbiers distribués en petites taches éparées de forme et de dimensions variables. De plus il est conseillé de mesurer les paramètres à une profondeur moyenne de 15 mètres, or ces herbiers ne sont pas présent à cette profondeur, les mesures ont été effectuées en moyenne à 4 mètres de profondeur. Ce point en particulier pourrait expliquer les faibles valeurs obtenues pour les compartiments 10, 11 et 12. En effet les cortèges d'espèces de poissons peuvent varier avec la profondeur et la hauteur de la colonne d'eau présente au-dessus de l'herbier.

Pour ces trois sites, les valeurs d'EBQI sont comparables entre elles et il sera possible de les comparer avec les résultats des futurs suivis. En revanche elles sont difficilement comparables avec d'autre site étant donné les irrégularités méthodologiques relevées précédemment.

Il est à noter que les deux indicateurs utilisés : l'EQR/DCE permettant d'évaluer l'état écologique de la masse d'eau côtière et l'EBQI indicateur de l'état de l'écosystème herbier de posidonies, indiquent la même tendance lorsqu'on compare les trois sites étudiés en 2018. A savoir une moins bonne qualité du site du port. Cependant, pour les années précédentes, l'EQR mettait en évidence la même qualité de la masse d'eau entre les trois sites.

4.4 Floraison de 2018

La reproduction de la posidonie se fait principalement de façon végétative, par des boutures. Cependant, une voie sexuée existe par la production de fleurs et de fruits, les olives de mer (Figure 19). Cette floraison se produit à l'automne (Boudouresque *et al.*, 2006). Les fleurs sont hermaphrodites, à la fois mâles et femelles, et regroupées en inflorescence (Figure 18 / Boudouresque *et al.*, 2006). La reproduction sexuée est peu fréquente surtout au nord-ouest de la méditerranée, à cause des conditions de température et de turbidité (Balestri & Cinelli, 2003 / Boudouresque *et al.*, 2006 / Gobert, 2006).

Sur Agde, ce phénomène est assez exceptionnel, la dernière observation remonte à plus de 30 ans (com pers Renaud Dupuy de la Grandrive). En 2018, ce fleurissement a été mis en évidence un peu partout sur le littoral méditerranéen français.



Figure 18: Inflorescences de posidonie

Sur le site des Mattes, une moyenne de 40 inflorescences /m² a été mise en évidence, contre 1,6 inflorescences sur le site du Port et aucune pour les Battuts.



Figure 19: Olive de posidonie

L'analyse des données de température depuis 2010, relevées à partir d'une ligne de capteurs au large du Cap d'Agde, ne permet pas de mettre en évidence une année particulièrement plus chaude en 2018 (Figure 20).

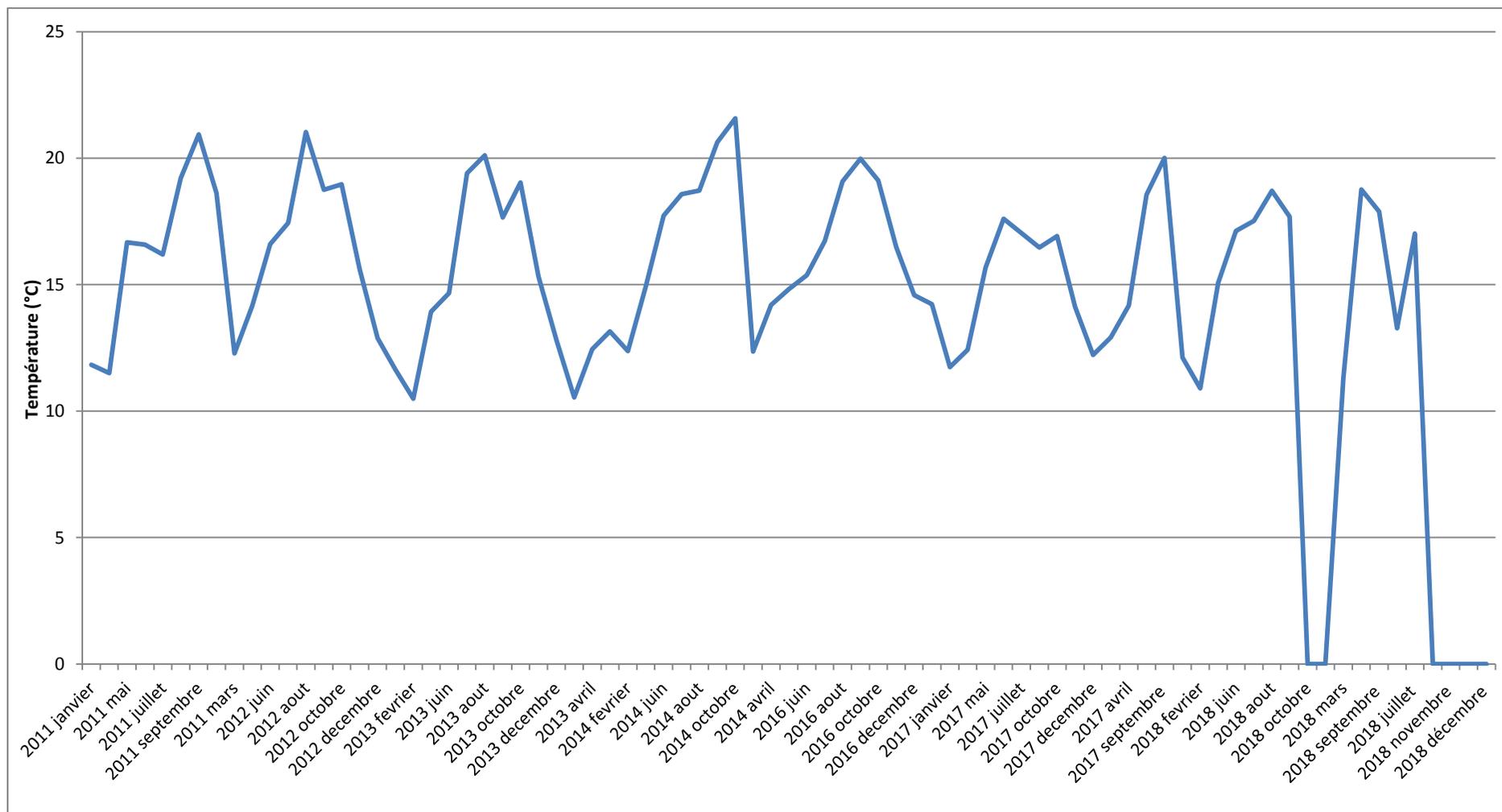


Figure 20: Évolution de la température à -10m de profondeur au large d'Agde.

5 Conclusion

Un état de conservation favorable d'un habitat pour la directive Habitat Faune Flore est défini par : **une aire de répartition et un recouvrement stable**, la présence des espèces favorables à cet habitat, **une dynamique de population viable sur le long terme** et la **présence des conditions de vie favorable à l'habitat sur le long terme**.

Pour les herbiers des Mattes et des Battuts, hormis pour le recouvrement dont les mesures n'ont pas pu être effectuées cette année, ces conditions semblent être remplies. En effet, les paramètres phénologiques sont globalement stables et se trouvent dans la moyenne des données mesurées dans le bassin occidental méditerranéen.

Au regard de l'EBQI « herbier de posidonies » mis en place par le PAMM pour répondre aux objectifs de la DCSMM, les trois herbiers agathois sont dans un état moyen à médiocre. Cependant, il faut considérer que la méthodologie de calcul ne semble pas toujours adaptée au risque de créer un biais dans les résultats.

En 2018, une floraison exceptionnelle a été mise en évidence sur les sites des Mattes et du Port avec la production d'olives de mer. Ce phénomène n'avait pas été observé depuis plus de 30 ans.

L'amélioration globale de la qualité de l'eau, les actions de gestion menées par la Ville d'Agde sur le site Natura 2000, ainsi que la sensibilisation du public, concourent à la préservation des herbiers de posidonies. Suite à la mise en place de la zone de mouillage de Brescou au niveau de l'herbier des Mattes en 2014, l'impact de l'ancrage à quasi disparu dans ce secteur en période estivale. En effet dès sa mise en place, l'interdiction d'ancrer a été bien acceptée et respectée par les acteurs locaux (Trougan *et al.*, 2019).

L'herbier du Port n'est pas soumis à cet impact, mais davantage soumis aux apports du bassin portuaire, même si celui-ci travaille pour un Port plus propre en adaptant ses aires de carénages et en gérant ses déchets.

Quant à l'herbier des Battuts, sa proximité avec l'embouchure de l'Hérault est une source potentielle de facteurs impactant sur son état de conservation : turbidité, polluants, sédimentation, etc. Cependant, les résultats des analyses sur cet herbier ne montrent pas d'évolution spécifique.

L'étude de la biomasse des épiphytes des feuilles de posidonies pourrait apporter des informations sur la réduction de la lumière causée par la turbidité et l'eutrophisation des eaux. En effet, la biomasse d'épiphyte diminue dans le 1^{er} cas et augmente dans le 2nd (sauf si l'augmentation est compensée par le broutage) (Gobert *et al.*, 2009). Sur Agde, l'évolution des valeurs de charge en épiphytes dans le temps et les variations entre les sites, ne permettent pas d'émettre d'avis sur cette métrique.

Les conditions environnementales restent peu propices au développement des herbiers de posidonies sur la côte agathoise, liées notamment à d'importants mouvements sédimentaires et une forte turbidité ambiante. Cependant, l'analyse d'anciens clichés photographiques montrent que la morphologie et la superficie de la matte (morte et vivante) en 1935 reste globalement inchangé en 2018, mais sans pouvoir dissocier les portions d'herbier vivant (Blouet *et al.*, 2015).

La reproductibilité des protocoles est très importante. Depuis le premier suivi de 2001, les techniques et l'expérience évoluent. La méthodologie tend à s'homogénéiser depuis 2009. Lors des prochains suivis, tous les paramètres étudiés devront de nouveau être mesurés, afin d'observer l'évolution des herbiers et d'acquiescer un peu plus de recul. En effet, les variations interannuelles sont l'objet d'effets naturels et anthropiques combinés.

L'acquisition de données sur le long terme permettra de mieux interpréter l'évolution des herbiers et de dissocier les effets anthropiques ponctuels.

Ces herbiers atypiques, souvent ignorés dans la littérature, sont pourtant suivis avec intérêt dans l'Aire marine protégée de la côte agathoise, Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » depuis 2001. La conservation et la protection de cet habitat sont ainsi devenues une nécessité pour la côte agathoise.

L'amélioration de la déjà bonne qualité des eaux côtières sur le long terme est nécessaire, associée à des actions de gestion durable des activités en mer.

Les opérations, plans, programmes, aménagements et manifestations nautiques en mer concernant l'Aire marine protégée de la côte agathoise sont soumises à l'évaluation des incidences sur les herbiers de posidonies, ce qui permet un contrôle et un suivi des impacts potentiels.

6 Bibliographie

- Andral B., Sargian P., Boissery P., Giraud A., Dutrieux E., Schwartz T., Thorin S., Bouchoucha M., Derolez V., Gonzalez J. L., Laugier T., Miralles F., Munaron D., Sartoretto S., Tomasino C., Amouroux J. M., Labrune C., Markovic L., Thibault T. 2009. Directive Cadre Eau, Contrôle de surveillance / opérationnel. Résultats de la campagne 2009. District « Rhône et Côtières Méditerranéens ». Convention Agence de l'Eau RM & C / Ifremer. : 129 PP.
- 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., Piazzì 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.
- Balestri E. & Cinelli F. 2003. Sexual reproductive success in *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany*, 75 : 21-32.
- Blouet S., Chéré E., Dupuy de la Grandrive R., Foulquié M., Trougan Melissa., Reboul Sébastien. 2015. Suivi des herbiers à *Posidonia oceanica* dans l'aire marine protégée de la côte agathoise, saison 2015. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR-9101414. Ville d'Agde publ. Fr. : 62PP.
- 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.
- Borowitzka M. A., Lavery P. S., Van Keulen M. 2006. Epiphytes of seagrass. In: A.W.D. Larkum, R.J. Orth and C.M. Duarte (eds.), *Seagrass: Biology, Ecology and Conservation*, Springer: 463-501.

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., Crouzet A., Pergent G. 1983. Un nouvel outil au service de l'étude des herbiers à *Posidonia oceanica* : la lépidochronologie. Rapport Commission internationale Mer Méditerranée, 28, 3PP.

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.

Caye G . 1982 . Etude sur la croissance de la Posidonie, *Posidonia oceanica* (L .) Delile, formation des feuilles et croissance des tiges au cours d'une année . *Téhys* 10: 229-235.

Caye G. 1980. Sur la morphogenèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* L. Delile. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université Aix-Marseille 2, 121 PP.

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.

Crouzet A., Boudouresque C.F., Meinesz A., Pergent G. 1983. Evidence of the annual characyer of cyclic changes of *Posidonia oceanica* scale thickness erect rhizomes. Rapport Commission internationale Mer Méditerranée, 28, 3PP.

- Crouzet A. 1981. Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles des rhizomes de *Posidonia oceanica* Potamogetonaceae. Travaux scientifique Parc national Port-Cros, Fr., 7 : 129-135.
- 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.
- Descamps P., Holon F., Ballesta L. 2009. Microcartographie par télémétrie acoustique de 9 herbiers de posidonies pour le suivi de la qualité des masses d'eau côtières méditerranéennes française dans le cadre de la DCA. Contrat l'Œil d'Andromède/Agence de l'eau, CRLR, CRPACA. Andromède publ., Montpellier, Fr., 59 PP + annexes.
- Dutrieux E., Sartoretto S., Schwartz 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.
- Dutrieux E., Schwartz T., Thorin S. 2010. Directive Cadre Eau – Contrôles de surveillance / opérationnel – Résultats de la campagne 2009. Ifremer – Agence de l'eau RMC. 127 PP.
- 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.
- Ferrari B. 2006. Etude synécologique de *Posidonia oceanica* et de *Sarpa salpa* le long de la côte rocheuse des Albères (Pyrénées-Orientales, France) ; Influence d'une aire marine protégée. Thèse Doctorat EPHE, Université de Perpignan : 315 PP.
- 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.
- Garcia-March J.R., 2006. - Aportaciones al conocimiento de la Biología de *Pinna nobilis* Linneo, 1758 (Mollusca: Bivalvia) en el litoral mediterráneo ibérico. PhD thesis, Universitat de Valencia: 1-332.
- Garcia-March J.R. & Ferrer J. 1995. Biometría de *P. nobilis* L., 1758: Una revisión de la ecuación de De Gaulejac y Vicente (1990). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 11(2): 175-181.
- 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.

Kirkman H. 1990. Saegrass distribution and mapping. Chap. 1 In: Saegrass research. UNESCO, Paris, 19-25.

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.

Meinesz A., Cuvelier M., Laurent R. 1981. Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de phanérogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Vie et Milieu*, 31 1 : 27-34.

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.

Pérez M., Garcia T., Invers O., Ruiz-Fernandez J. M. 2008. Physiological responses of seagrass *Posidonia oceanica* as indicators of fish farm impact. *Mar. Pollut. Bull.*, 56 :869-879.

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

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., Boudouresque C.F., Crouzet A., Meinesz A. 1989. Cyclic changes along *Posidonia oceanica* rhizomes Lepidochronology : present state and perspectives. *Marine Ecology*, 10, 3: 221-230.

Pergent G. & Pergent-Martini C. 1990. Some Application of Lepidochronologie Analysis in the Seagrass *Posidonia oceanica*. *Botanica Marine*. Vlo. 33 : 299-310.

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.

Personnic S. & Ruitton S. (2014). EBQI : pour une meilleure interaction chercheurs/gestionnaires dans l'évaluation écosystémique.

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. Hadralab III, Joint User Meetins, Hannover. 4 PP.

Romero J. 1988. Epifitos de las hojas de *Posidonia oceanica*: variaciones estacionales y batimétricas de biomasa en la pradera de las islas Medes (Girona). *Oecol. Aquat.*, 9: 19-25.

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

Ruitton S., Boudouresque C.F., Thibaut T., Rastorgeff P.A., Personnic S., Boissery P., Daniel B., 2017. Guide méthodologique pour l'évaluation écosystémique des habitats marins. MIO publ., 161PP.

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.

Sghaier Y. R., Zakhama-Sraieb R., Charfi-Cheikhrouha F. 2007. Etude Lepidochronologique de quelques herbiers de *Posidonia oceanica* des côtes Tunisiennes. *Symposium méditerranéen sur la végétation marine*, Acte 3 : 172-178.

Terrados J. & Medina-Pons F. J. 2011. Inter-annual variation of shoot density and biomass, nitrogen and phosphorus content of the leaves, and epiphyte load of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile off Mallorca, western Mediterranean. *Scientia Marina* 75(1): 61-70.

Thelin 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.

Trougan M., Chéré E., Blouet S., Dupuy de la Grandrive R., Lange M., Duclos B., Goizard A., Vrillac B. 2019. Bilan de la Zone de Mouillages et d'Equipements Légers de Brescou & Les Tables, saison 2019 - Aire Marine Protégée de la côte agathoise - Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR 9101414 – Ville d'Agde. Fr. : 43 pages.

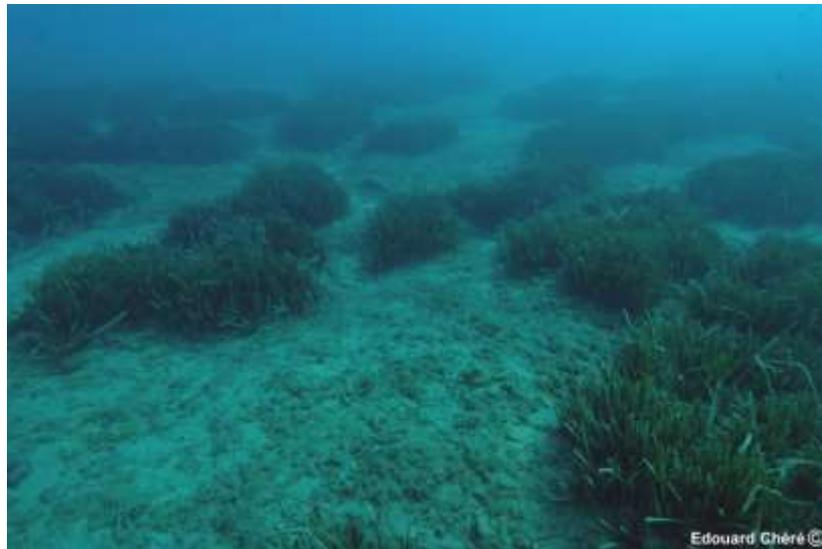
Vassallo P., Paoli C., Rovere A., Montefalcone M., Morri C., Bianchi C. N. 2013. The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 75: 157-167.

Vicente N., Moreteau J.C., Escoubet P. 1980. Etude de l'évolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusque Eulamelibranche) au large de l'anse de la Palud (Parc national de Port-Cros). *Trav. Sci. Parc Natl. Port-Cros*, 6: 39-67.

Vicente N. 1990. Estudio ecologico y proteccion del mollusco lamelibranquio *Pinna nobilis* L. 758 en la costa Mediterranea. *Iberus*, 9: 269-279.

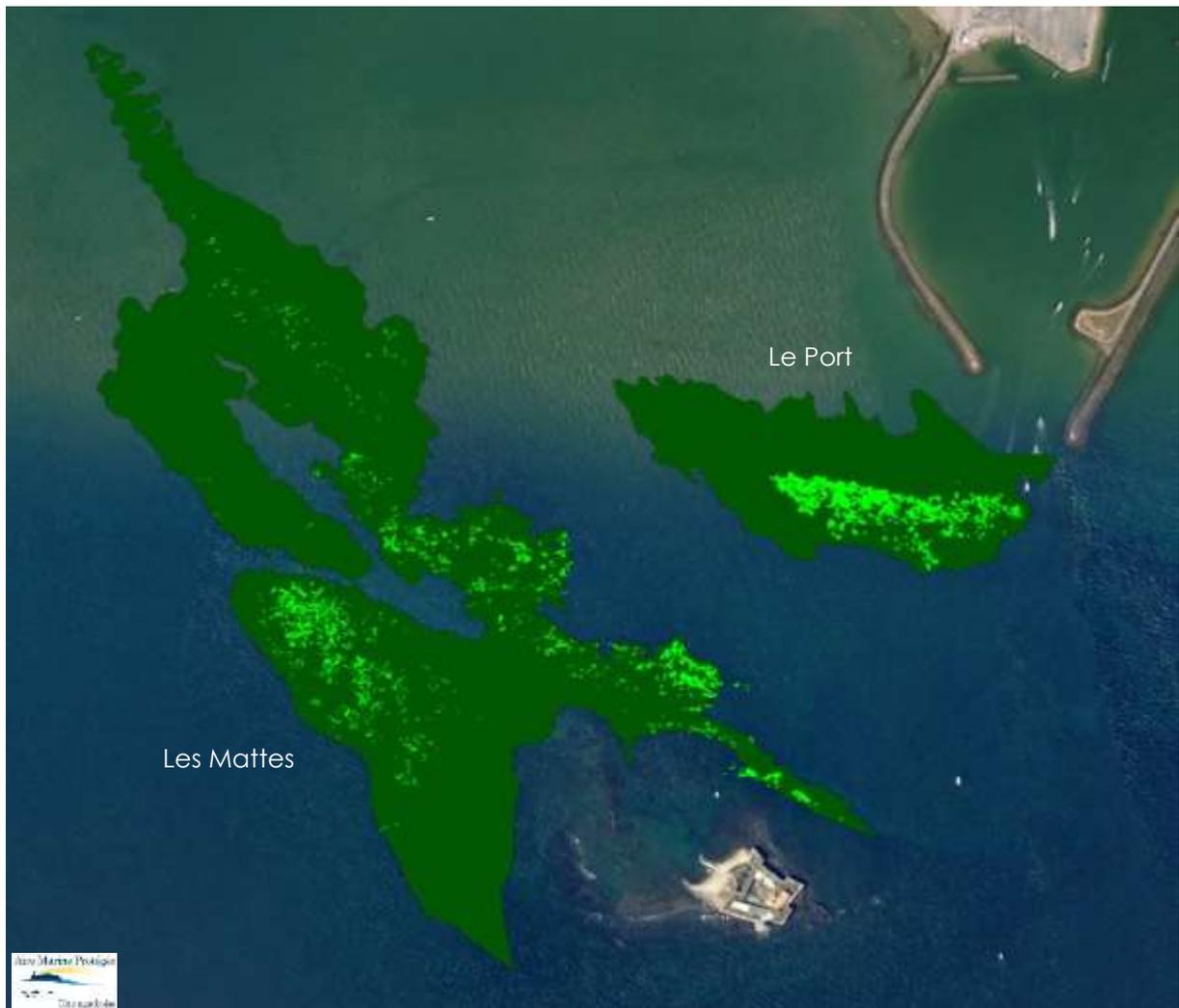
7 Annexes

Annexe 1 : Herbiers en mosaïque.



Annexe 2 : Représentation cartographique des 3 principales zones d'herbiers de posidonie (Mosaïque matte morte + roche : orange / Matte morte : vert foncé / Herbier vivant : vert clair).





Annexe 3 : 1^{er} Abaque de Pergent Martini (1994) et abaque révisé de Pergent-Martini & Pergent (2010).

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	→

Suivi des herbiers à *Posidonia oceanica* du Cap d'Agde, saison 2018
 Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde » FR9101414

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 : Autorisation de prélèvement.



PREFET DE L'HERAULT

Direction régionale de l'Environnement,
de l'Aménagement et du Logement
Languedoc-Roussillon
Service Biodiversité Eau Paysage
Unité Biodiversité Terrestre et Marine
Affaire suivie par : Catherine LECLERCQ
catherine.leclercq@developpement-durable.gouv.fr
Tél. 04.34.46.66.56 – Fax : 04.34.46.66.59

Montpellier, le 10 août 2015

ARRETE N°: 2015 100_0001
portant dérogation de prélèvement à but scientifique

- Vu le code de l'environnement, et notamment ses articles L.411-1 et L411-2, R411-1 et R411-2, et L332-1 et R332-1 concernant les réserves naturelles;
 - Vu le décret 97-34 du 15 janvier 1997 modifié, relatif à la déconcentration des décisions administratives individuelles, et le décret 97-1204 du 19 décembre 1997 modifié pris pour son application ;
 - Vu l'arrêté ministériel du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des autorisations exceptionnelles d'activités portant sur des spécimens d'espèces protégées ;
 - Vu l'arrêté ministériel du 19 juillet 1988 fixant la liste des espèces végétales marines protégées sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;
 - Vu l'arrêté préfectoral de l'Hérault 2013-I-325 du 14 février 2013 portant délégation de signature au Directeur Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Languedoc Roussillon;
 - Vu la demande présentée par Renaud Dupuy de la Grandrive pour la capture à des fins scientifiques d'espèces protégées ;
 - Vu l'avis de la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement en date du 05 juin 2013 ;
 - Vu l'avis favorable du Conseil National de la Protection de la Nature en date du 03 octobre 2013 ;
- SUR proposition de la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement ;

ARRETE :

Article 1 :

Une autorisation de prélèvements définis avec autorisation de transport est accordée aux conditions ci après :

Bénéficiaire(s) : DUPUY DE LA GRANDRIVE Renaud
Organisme : Ville d'Agde
Période : 2015-2017
Espèces : *Posidonia oceanica*
Nombre : 90 faisceaux de feuilles
Lieu de capture : site Natura 2000 Posidonies du Cap d'Agde

Transport : du lieu de prélèvement à Agde

Prélever – cueillir - transporter – détenir – utiliser – détruire (échantillons biologiques)
prélèvement par coupe
Objectif de l'opération :
Suivi des herbiers dans le cadre du site natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde »

Article 2 :

Le bénéficiaire devront respecter les prescriptions suivantes
-limiter des prélèvements aux quantités nécessaires pour l'étude
-prendre toutes les précautions pour éviter des dégradations connexes des herbiers ;
-Fournir un rapport final à la DREAL LR.

Article 3 : La présente autorisation ne dispense pas le demandeur de solliciter les autres accords ou autorisations nécessaires pour la réalisation de cette opération , notamment à l'intérieur des espaces soumis au régime forestier ou d'espaces protégés(parcs naturels et réserves naturelles).

Article 4 : Le présent arrêté sera notifié au demandeur et publié au recueil des actes administratifs du département .

Article 5 : Le présent arrêté peut être déféré au tribunal administratif dans un délai de deux mois à compter de sa notification ou de sa publication .

Article 6 : Le Secrétaire Général de la Préfecture, le Directeur Régional de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement, le Directeur Départemental des Territoires et de la Mer, le Chef du service départemental de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, le Chef du service départemental de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques sont chargés de l'exécution du présent arrêté.

Pour le Directeur Régional de l'Environnement,
de l'Aménagement et du Logement et par délégation
La Chef du Service de Nature

Zoé BAUCHET

Présent
pour
l'avenir

www.departement.developpement-durable.gouv.fr

Annexe 5 : Relation taille – âge de la Grande nacre *Pinna nobilis* (Vicente et al., 1980).

Taille en cm	Age minimum	Age maximum
10	9 mois	9,5 mois
20	1 an 8 mois	1 an 9 mois
30	2 ans 9 mois	2 ans 11 mois
40	4 ans	4 ans 4 mois
50	5 ans 7 mois	6 ans 1 mois
60	7 ans 8 mois	8 ans 6 mois
70	10 ans 8 mois	12 ans 2 mois
80	16 ans 1 mois	20 ans 7 mois

Age	taille minimum	taille maximum
1	12	13
2	22	23
3	30	32
4	38	40
5	44	46
8	58	61
10	65	68
12	70	73
15	75	79
18	78	82
20	80	84

Annexe 6 : Tableau récapitulatif des paramètres, statuts ou notes et poids pour chaque paramètre en fonction de sa valeur (calcul de l'EBQI).

N° compartiment	Paramètres	Status / Notes					Poids
		4	3	2	1	0	
1	Croissance (mm/an)	9 à 19	20 à 40	3 à 8	> 40	< 3	3
2	Densité (nb de faisceaux/m ²)	> 490	370 à 489	250 à 369	130 à 249	< 130	5
	Recouvrement (%)	> 80	61 à 80	41 à 60	20 à 40	< 20	
3 et 4	Biomasse sèche des épiphytes (g MS/faisceaux)	0,3 à 0,7	0,1 à 0,2	0,8 à 1,5	< 0,1	> 1,5	4
	Densité de <i>Pinna nobilis</i> (nb individus/100 m ²)	> 3,0	1,1 à 3,0	0,6 à 1,0	0,1 à 0,5	< 0,1	
5 et 6	Densité d'invertébrés filtreurs et suspensivores autre que <i>Pinna nobilis</i> (nb individus/m ²)	HOM	0,1 à 0,9	1,0 à 1,9	2,0 à 5,0	> 5,0	2
		LOM	> 10,0	5,1 à 10,0	1,1 à 5,0	0,1 à 1,0	
7	Masse sèche de litière détritique (g MS/m ²)	> 350	251 à 350	151 à 250	51 à 150	< 50	2
8	Densité (nb individus/10 m ²)	1,0 à 4,9	0,2 à 0,9	5,0 à 24,9	< 0,2	> 25,0	2
9	Densité de <i>Paracentrotus lividus</i> (nb individus/m ²)	1,0 à 4,9	0,1 à 0,9	5,0 à 9,9	< 0,1	> 10	5
	Indice de broutage (% feuilles broutées)	30 à 59 %	5 à 29 %	60 à 95 %	< 5 %	> 95 %	
10, 11 et 12	Poissons prédateurs d'invertébrés, omnivores, céphalopodes (kg MH/100 m ²)	> 1,5	1,1 à 1,5	0,6 à 1,0	0,3 à 0,5	< 0,3	5
	Poissons piscivores (kg MH/100 M ²)	> 1,0	0,6 à 1,0	0,3 à 0,5	0,1 à 0,2	< 0,1	5
	Poissons zooplanctonophages (kg MH/100 M ²)	> 3,0	1,6 à 3,0	0,8 à 1,5	0,3 à 0,7	< 0,3	3
	Poissons omnivores (kg MH/100 m ²)	< 0,3	0,3 à 0,7	0,8 à 1,5	1,6 à 3,0	> 3,0	
13	Indice spécifique de diversité SRDI (nombre d'espèces/transect)	> 10	8 à 10	5 à 7	3 à 4	< 3	3
	Distance par rapport au site de nidification (km)	< 4	4 à 7	8 à 12	13 à 17	> 17	1
		<i>Phalacrocorax</i> spp.	< 4	4 à 7	8 à 12	13 à 17	
	<i>Pandion haliaetus</i>	< 4	4 à 7	8 à 12	13 à 17	> 17	

Annexe 7 : Herbier des Mattes, vue aérienne août 2015.



Renaud Dupuy de la Grandrive-août 2015

Annexe 8 : résultats des tests de Kuskall-Wallis

• **Mattes**

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Coeff A (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 69) =24,44300 p =,000				
Dépend. :		2009	2011	2013	2015	2018
Coeff A		R:46,389	R:43,633	R:45,433	R:18,367	R:25,733
2009			1,000000	1,000000	0,009240	0,146131
2011		1,000000		1,000000	0,005626	0,145482
2013		1,000000	1,000000		0,002201	0,071636
2015		0,009240	0,005626	0,002201		1,000000
2018		0,146131	0,145482	0,071636	1,000000	
		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; LAI (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 69) =7,707304 p =,102				
Dépend. :		2009	2011	2013	2015	2018
LAI		R:30,000	R:44,333	R:40,600	R:28,000	R:30,067
2009			0,901822	1,000000	1,000000	1,000000
2011		0,901822		1,000000	0,257755	0,514787
2013		1,000000	1,000000		0,854398	1,000000
2015		1,000000	0,257755	0,854398		1,000000
2018		1,000000	0,514787	1,000000	1,000000	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Longueurs moyennes des feuilles Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 69) =33,37472 p =,000				
Dépend. :		2009	2011	2013	2015	2018
Longueurs moyennes des feuilles		R:43,333	R:52,567	R:43,300	R:19,533	R:19,600
2009			1,000000	1,000000	0,048997	0,050212
2011		1,000000		1,000000	0,000065	0,000068
2013		1,000000	1,000000		0,011776	0,012157
2015		0,048997	0,000065	0,011776		1,000000
2018		0,050212	0,000068	0,012157	1,000000	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Nombre de feuilles par faisceaux Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 69) =17,27113 p =,001				
Dépend. :		2009	2011	2013	2015	2018
Nombre de feuilles par faisceaux		R:34,333	R:17,267	R:42,067	R:41,200	R:39,867
2009			0,436368	1,000000	1,000000	1,000000
2011		0,436368		0,007110	0,010869	0,020355
2013		1,000000	0,007110		1,000000	1,000000
2015		1,000000	0,010869	1,000000		1,000000
2018		1,000000	0,020355	1,000000	1,000000	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Ratio épiphyte feuille Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 51) =9,250494 p =,026			
Dépend. :		2011	2013	2015	2018
Ratio épiphyte feuille		R:40,333	R:28,533	R:24,467	R:19,267
2011			0,602016	0,162824	0,020099
2013		0,602016		1,000000	0,526825
2015		0,162824	1,000000		1,000000
2018		0,020099	0,526825	1,000000	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; SF (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 69) =13,39486 p =,009				
Dépend. :		2009	2011	2013	2015	2018
SF		R:43,333	R:33,600	R:48,200	R:26,133	R:27,067
2009			1,000000	1,000000	0,420197	0,544814
2011		1,000000		0,462648	1,000000	1,000000
2013		1,000000	0,462648		0,025936	0,039166
2015		0,420197	1,000000	0,025936		1,000000
2018		0,544814	1,000000	0,039166	1,000000	

- Battuts

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; coeff A (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 68) =7,251613 p =,123				
Dépend. : coeff A	2009 R:24,250	2011 R:41,733	2013 R:34,067	2015 R:39,767	2018 R:27,900	
2009		0,434262	1,000000	0,730677	1,000000	
2011	0,434262		1,000000	1,000000	0,553799	
2013	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	
2015	0,730677	1,000000	1,000000		1,000000	
2018	1,000000	0,553799	1,000000	1,000000		

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; LAI (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 68) =20,58395 p =,000				
Dépend. : LAI	2009 R:28,375	2011 R:52,267	2013 R:24,733	2015 R:25,267	2018 R:39,000	
2009		0,057829	1,000000	1,000000	1,000000	
2011	0,057829		0,001371	0,001844	0,661506	
2013	1,000000	0,001371		1,000000	0,481662	
2015	1,000000	0,001844	1,000000		0,571667	
2018	1,000000	0,661506	0,481662	0,571667		

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Longueurs moyennes des feuilles Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 68) =22,64977 p =,000				
Dépend. : Longueurs moyennes des feuilles	2009 R:15,625	2011 R:44,400	2013 R:31,133	2015 R:48,200	2018 R:24,333	
2009		0,008875	0,732219	0,001680	1,000000	
2011	0,008875		0,661506	1,000000	0,054495	
2013	0,732219	0,661506		0,180938	1,000000	
2015	0,001680	1,000000	0,180938		0,009482	
2018	1,000000	0,054495	1,000000	0,009482		

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Nombre de feuilles par faisceaux Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 68) =8,955288 p =,062				
Dépend. : Nombre de feuilles par faisceaux	2009 R:42,375	2011 R:37,767	2013 R:39,800	2015 R:22,833	2018 R:33,400	
2009		1,000000	1,000000	0,239859	1,000000	
2011	1,000000		1,000000	0,386183	1,000000	
2013	1,000000	1,000000		0,187813	1,000000	
2015	0,239859	0,386183	0,187813		1,000000	
2018	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Ratio épiphytes feuille (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 51) =30,88612 p =,000			
Dépend. : Ratio épiphytes feuille	2011 R:29,833	2013 R:26,000	2015 R:10,267	2018 R:40,200	
2011		1,000000	0,038606	0,893066	
2013	1,000000		0,022506	0,053394	
2015	0,038606	0,022506		0,000000	
2018	0,893066	0,053394	0,000000		

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; SF (Feuille1) Var. indépendante (classement) : Site Test de Kruskal-Wallis : $H(4, N=68) = 10,48523$ $p = ,033$					
Dépend. :	B 2009	B 2011	B 2013	B 2015	B 2018
SF	R:23,125	R:45,133	R:35,200	R:38,067	R:25,667
B 2009		0,110128	1,000000	0,843495	1,000000
B 2011	0,110128		1,000000	1,000000	0,070155
B 2013	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
B 2015	0,843495	1,000000	1,000000		0,859115
B 2018	1,000000	0,070155	1,000000	0,859115	

• Port

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Coeff A (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : $H(4, N=70) = 3,436059$ $p = ,487$					
Dépend. :	2009	2011	2013	2015	2018
Coeff A	R:37,500	R:34,067	R:35,167	R:42,300	R:29,133
2009		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2011	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000
2013	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
2015	1,000000	1,000000	1,000000		0,764249
2018	1,000000	1,000000	1,000000	0,764249	

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; LAI (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : $H(4, N=70) = 14,58423$ $p = ,005$					
Dépend. :	2009	2011	2013	2015	2018
LAI	R:32,600	R:50,933	R:36,333	R:23,067	R:33,600
2009		0,273399	1,000000	1,000000	1,000000
2011	0,273399		0,494491	0,001769	0,196734
2013	1,000000	0,494491		0,742169	1,000000
2015	1,000000	0,001769	0,742169		1,000000
2018	1,000000	0,196734	1,000000	1,000000	

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Longueurs moyennes des feuilles Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : $H(4, N=70) = 33,36622$ $p = ,000$					
Dépend. :	2009	2011	2013	2015	2018
Longueurs moyennes des feuilles	R:27,800	R:60,700	R:37,467	R:24,700	R:24,267
2009		0,000750	1,000000	1,000000	1,000000
2011	0,000750		0,017692	0,000013	0,000009
2013	1,000000	0,017692		0,857985	0,756830
2015	1,000000	0,000013	0,857985		1,000000
2018	1,000000	0,000009	0,756830	1,000000	

Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Nombre de feuilles par faisceaux Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : $H(4, N=70) = 24,92821$ $p = ,000$					
Dépend. :	2009	2011	2013	2015	2018
Nombre de feuilles par faisceaux	R:47,200	R:18,167	R:50,700	R:32,433	R:32,900
2009		0,004750	1,000000	0,755123	0,852197
2011	0,004750		0,000120	0,548778	0,474075
2013	1,000000	0,000120		0,139668	0,166060
2015	0,755123	0,548778	0,139668		1,000000
2018	0,852197	0,474075	0,166060	1,000000	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; Ratio épiphyte feuille Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (3, N= 51) =27,52323 p =,000			
Dépend. :		2011	2013	2015	2018
Ratio épiphyte feuille		R:33,833	R:34,467	R:9,2000	R:31,200
2011			1,000000	0,003617	1,000000
2013		1,000000		0,000019	1,000000
2015		0,003617	0,000019		0,000304
2018		1,000000	1,000000	0,000304	

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; SF (Feuille de données1) Var. indépendante (classement) : Années Test de Kruskal-Wallis : H (4, N= 70) =23,03952 p =,000				
Dépend. :		2009	2011	2013	2015	2018
SF		R:33,300	R:48,267	R:48,600	R:22,733	R:23,867
2009			0,716379	0,655435	1,000000	1,000000
2011		0,716379		1,000000	0,005904	0,010254
2013		0,655435	1,000000		0,004999	0,008737
2015		1,000000	0,005904	0,004999		1,000000
2018		1,000000	0,010254	0,008737	1,000000	

- Comparaison inter-sites

		Valeurs p des Comp. Multiples (bilatéral) ; S.F (Feuille de donnée) Var. indépendante (classement) : Site Test de Kruskal-Wallis : H (2, N= 239) =2,983516 p =,225		
Dépend. :		Battuts	Mattes	Port
S.F		R:128,91	R:121,91	R:109,69
Battuts			1,000000	0,270202
Mattes		1,000000		0,759082
Port		0,270202	0,759082	