

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE

Présenté par

Mr BELBACHIR Nor-eddine

Pour obtenir

LE DIPLOME DE MAGISTER

Spécialité : Biologie

Option : Ecosystèmes Côtiers Marins et Réponses aux Stress

Intitulé

Contribution à l'étude écologique de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la frange côtière de Mostaganem : Etat de santé et relation entre plante et échinoderme

La composition du jury de soutenance

Nom et Prénom	Grade	Qualité	Appartenance administrative
Mr MOUATS Aziz	Prof	Président	UABM
Mr BOUTIBA Zitouni	Prof	Examinateur	UO
Mr CHADLI Rabah	MCA	Examinateur	UABM
Mr GRIMES Samir	MCA	Examinateur	ENSSMAL
Mr MEZALI Karim	MCA	Encadreur	UABM
Mme SOUALILI Dina Lila	MCA	Co-encadreur	UABM

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour accomplir ce travail.

Je n'ai sûrement pas les mots suffisants ni le vocabulaire assez étoffé pour témoigner les vifs remerciements à Mr Mezali Karim, mon encadreur, Maitre de conférences A au département des Ressources Halieutiques de l'Université de Mostaganem. L'ensemble de ce travail n'aurait jamais été possible sans votre soutien. Je ne pourrais oublier l'importante documentation bibliographique que vous m'avez fourni et les connaissances concernant la systématique et l'écologie des holothuries que vous m'avez inculqué, au cours de chaque sortie sur terrain. Je ne saurais oublier votre aide précieuse dans la mise en forme et la structuration du document. Vous m'avez accordé votre confiance et vous avez cru en moi. Alors recevez Mr Mezali Karim, ici toute ma reconnaissance.

Je tiens à exprimer mes sentiments de profonds respects et ma reconnaissance à Mme Mezali-Soualili, Maitre de conférences A au département des Ressources Halieutiques de l'Université de Mostaganem, pour avoir eu l'amabilité d'accepter le co-encadrement de ce travail. La partie traitement statistique des données m'aurait pris beaucoup plus de temps, si ce n'est votre précieuse aide et assistance. Votre expérience m'a permis de valoriser les résultats de ce travail. Recevez Madame, l'expression de mes vifs remerciements.

J'adresse mes plus sincères remerciements à Mr Mouats Aziz, Professeur au département d'Agronomie de l'Université de Mostaganem pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de mon mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma plus profonde gratitude.

Je tiens également à remercier très chaleureusement Mr Boutiba Zitouni, Professeur à l'Université d'Oran et Directeur du Laboratoire Réseau Surveillance Environnementale d'avoir accepté de juger ce travail. Qu'il me soit permis de lui exprimer mes respects les plus profonds et ma reconnaissance pour m'avoir transmis ces connaissances précieuses sur le monde marin.

Mes plus vifs remerciements s'adressent aussi à Mr Chadli Rabah, Maitre de conférences A au département de Biologie de l'Université de Mostaganem pour avoir accepté de juger ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Mes sincères remerciements vont également à Mr Grimes Samir, Maître de conférences A à l'ENSSMAL (ex ISMAL) pour avoir accepté de juger ce travail. Qu'il me soit permis de lui exprimer ma profonde gratitude.

Je tiens aussi à adresser mes vifs remerciements à Mr Boudjellal B. pour son formidable accueil au sein du laboratoire de Chimie marine de l'ENSSMAL (station marine de Sidi Fredj), ainsi que pour son aide précieuse, ses conseils avisés et ses explications. Je remercie également très chaleureusement les techniciennes du laboratoire de Chimie marine de l'ENSSMAL pour leurs aides, gentillesse et leurs bonnes humeurs.

J'adresse l'expression de ma profonde reconnaissance à tous les Professeurs et Enseignants qui nous ont tant appris à travers ce Magister et qui se sont dévoués à nous initier au domaine de la recherche scientifique.

Dédicaces

Je dédie ce travail à

Mes parents : Papa, maman, ces quelques lignes sont si peu à côté de tout ce que vous avez fait pour moi. Vous m'avez toujours encouragé, soutenu et vous avez fait de gros sacrifices pour me permettre d'arriver là où j'en suis aujourd'hui. En échange, je n'ai que des remerciements à vous offrir mais je le fait avec tout mon amour.

Ma femme : Si les difficultés de la vie ne nous ont pas épargné ces derniers moments, nous avons franchi ensemble les étapes avec patience et persévérance. Tu m'as donné du courage et une force que je ne me connaissais pas pour surmonter bien des obstacles. J'essaye de te remercier tous les jours de ma vie en te donnant toutes les choses que j'ai à t'offrir.

Ghali : C'est en grande partie pour toi que j'ai fourni cet effort. J'espère bien que d'ici quelques années inchallah tu seras fière de ton papa qui t'aime.

Mes frères et ma sœur : Vous m'avez toujours épaulé. Vos soutient continu, apport moral et encouragement m'on permit de tenir bon.

Mes grandes mères, mes oncles et mes tantes, tous les membres de ma belle famille (les Benstaali, du plus petit au plus grand), la famille Ali l'Ahmar de Blida, la famille Bettahar, la famille Belbachir, la famille Badsy, ma petite nièce Wissem et mon petit neveu Abderrahmane, la famille Aissaoui, ainsi qu'à mes cousins et cousines.

Mon très cher ami et ancien camarade de classe Mahmoud Tahelaiti : je ne pourrais jamais oublier ton aide et ta générosité.

J'en profite pour glisser une pensée émue pour ceux qui n'on pas pu voir cet aboutissement, mes grands pères Ghali et Hamid et mon beau père Noreddine.

Résumé

Afin de caractériser l'état de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la frange côtière de Mostaganem, des mesures de la densité et un suivi des paramètres phénologiques a été effectué au niveau des localités de Hadjadj et de Stidia, à des profondeurs moyennes de -3 m, de Février à Juillet 2011. En parallèle, une étude du comportement alimentaire des holothuries aspidochirotés [*Holothuria (H.) tubulosa*, *Holothuria (L.) poli*, *Holothuria (P.) forskali*, *Holothuria (P.) sanctori*] inféodées à l'herbier de Posidonies a été réalisée dans le but d'analyser la relation qui existe entre la Posidonie et les holothuries. Cette analyse consiste en une évaluation du taux de la matière organique des sédiments ingérés par ces espèces, au niveau du contenu digestif et des fèces et au niveau des sédiments de leurs biotopes. Parallèlement, on a réalisé une analyse granulométrique des particules ingérées par *Holothuria (L.) poli* et du sédiment de son biotope. L'appréciation du degré de sélectivité de *H. (L.) poli* a été réalisé par le calcul de l'indice d'électivité.

L'herbier de Posidonie du site de Stidia se développe sur substrat rocheux ; alors que celui du site de Hadjadj est installé sur substrat meuble. Des densités moyennes de (505.6 ± 316.9) ; (193.6 ± 59.13) et (379.2 ± 157.50) ont été obtenues respectivement pour les stations HS1, HS2 et HS3 du site de Hadjadj et de (181.4 ± 75.40) et (350.8 ± 188.57) respectivement pour les stations SS1 et SSM du site de Stidia. Ce qui signifie que les herbiers de Posidonies des deux sites présentent des densités anormales. Au niveau des deux sites étudiés, les paramètres phénologiques présentent une augmentation à partir de la fin d'hiver - début printemps (Février et Mars) et vers la fin du printemps - début été (Mai et Juin). Les herbiers des deux sites montrent un léger signe de perturbation, compte tenu de leurs moyennes vitalités. Cependant, l'herbier de Posidonie du site de Hadjadj reste meilleur que celui du site de Stidia.

Les holothuries aspidochirotés étudiées montrent un comportement sélectif pour la matière organique. *Holothuria (P.) sanctori* est la plus sélective d'entre elles, suivit par *Holothuria (P.) forskali*, *Holothuria (L.) poli* et *Holothuria (H.) tubulosa*. Les fractions de sable fin et très fin sont celles qui sont sélectionnées de manière préférentielle par *Holothuria (L.) poli*. Ces résultats confortent la théorie de l'"optimal foraging" et montrent que ces espèces reconnaissent les particules riches en matière organique et que *Holothuria (L.) poli* a un comportement alimentaire sélectif, elle distingue entre les tailles et la richesse en matière organique des particules sédimentaires.

Mots clés : *Posidonia oceanica*, vitalité, densité, phénologie, indice foliaire, Holothuries aspidochirotés, comportement alimentaire, matière organique, "optimal foraging", Mostaganem.

ملخص

من أجل تشخيص حالة الغطاء العشبي لـ *Posidonia oceanica* للشريط الساحلي لمستغانم، أجريت قياسات للكثافة ورصد للمعايير الفينولوجية على مستوى أستيديا وحجاج في متوسط أعماق 3م - ذلك من فبراير إلى جويلية 2011. موازاة إلى ذلك، أجريت دراسة لسلوك التغذية عند حيوانات خيار البحر [*Holothuria (H.) tubulosa*، *Holothuria (L.) poli*، *Holothuria (P.) forskali*] التابعة للغطاء العشبي لـ *Posidonia oceanica*، من أجل الخروج بفكرة عن العلاقة الموجودة بين البوزيدونيا وخيار البحر. هذه الدراسة تكمن في تحليل نسبة المادة العضوية المتواجدة في الرواسب المتناولة من قبل هذه الحيوانات، في فضلاتها وكذا في رواسب البيئة الحيوية الخاصة بها، كما تم إجراء تحليل لحجم حبيبات الرواسب المتناولة من قبل *Holothuria (L.) poli* ورواسب حبيبات بيئتها الحيوية ثم تم تقدير لدرجة اختيارية هذا النوع عن طريق حساب مؤشر الانتقائية.

بأستيديا البوزيدونيا تنمو على الصخر عكس حجاج أين تنمو على الرمل. متوسط الكثافة المتحصل عليه هو (505,6 ± 316,9)، (193,6 ± 59,1) و (379,2 ± 157,5) بالمحطات HS3, HS2, HS1 و (75,40 ± 181,4) و (350,8 ± 188,57) بالمحطات SS1 و SSM على التوالي. هذا ما يعني أن الغطاء العشبي للبوزيدونيا يتميز بكثافة غير عادية. في كلا من المنطقتين المدروسة، المعايير الفينولوجية تظهر زيادة من أواخر الشتاء - أوائل الربيع (فبراير ومارس) إلى أواخر الربيع - بداية الصيف (ماي وجوان). في كلا من المنطقتين البوزيدونيا تظهر علامات طفيفة من الاضطراب على أساس حيوتها، مع ذلك فإن البوزيدونيا أحسن بموقع حجاج مقارنة مع أستيديا.

حيوانات خيار البحر المدروسة تظهر سلوك انتقائي للمادة العضوية *Holothuria (P.) sanctori* هي الأكثر انتقائية، تليها *Holothuria (P.) forskali*، *Holothuria (L.) poli* ثم *Holothuria (H.) tubulosa*.

Holothuria (L.) poli تفضل انتقاء الرمال الناعمة والناعمة جدا. هذه النتائج تدعم نظرية العلف الأمثل ("optimal foraging theory") وتبين أن هذه الأنواع بإمكانها التعرف على الجزيئات الغنية بالمواد العضوية وأن *Holothuria (L.) poli* تتميز بين أحجام الرسوبيات وغناها بالمواد العضوية.

كلمات المفاتيح: *Posidonia oceanica*، حيوية، كثافة، فينولوجيا، المؤشر الورقي، خيار البحر، سلوك التغذية، المادة العضوية، العلف الأمثل ("Optimal foraging")، مستغانم.

Abstract

This study interests the state of health of *Posidonia oceanica* meadows of Mostaganem coasts. Shoot density was measured and phenological parameters were followed from February to July 2011 at Stidia and Hadjadj areas at - 3 m mean depths. In order to study the feeding behavior of the aspidochirotid Holothurians inhabiting the *Posidonia oceanica* meadows and to have an idea on relationship between the *Posidonia* and the holothurians component, organic matter throughout digestive tract, faecal matter and into the preferred biota of *Holothuria (H.) tubulosa*, *Holothuria (L.) poli*, *Holothuria (P.) forskali* and *Holothuria (P.) sanctori* were analyzed and granulometrics analysis of the sediment particles ingested by *Holothuria (L.) poli* and into the biota was realized, in order to access the selectivity degree of this species by calculating the electivity index.

Posidonia meadow of Stidia is installed on rocky substratum, whereas Hadjadj one is installed on soft substratum. At Hadjadj area average densities of (505.6 ± 316.9) , (193.6 ± 59.13) and (379.2 ± 157.50) have been respectively obtained for HS1, HS2, HS3 stations and in Stidia area the average densities (181.4 ± 75.40) , (350.8 ± 188.57) where obtained for stations SS1 and SSM respectively. This means that the *Posidonia oceanica* meadows of Stidia and Hadjadj areas have abnormal densities. At both localities, the studied phenological parameters shows an increase from the end of the winter - early spring (February and March) to late spring - early summer (May and June). Seagrasses beds of both localities show a slight sign of disturbance. However, the seagrass bed is in better health in Hadjadj area.

Aspidochirotid holothurians species show organic matter selectivity. *Holothuria (P.) sanctori* is the most selective species, followed by *Holothuria (P.) forskali*, *Holothuria (L.) poli* and *Holothuria (H.) tubulosa*. Faeces are richer in organic matter than the surrounding sediment. *Holothuria (L.) poli* prefer the fine and very fine sediment fractions, which are richest in organic matter. The results support "optimal foraging" theory and show that these holothurians species recognize the richer organic coated particles and that *Holothuria (L.) poli* can distinguish between sediment particle with or without organic matter.

Key words: *Posidonia oceanica* meadow, vitality, density, phenology, foliar index, aspidochirotid holothurians, feeding behavior, organic matter, "optimal foraging" theory, Mostaganem.

Liste des figures

- Figure 1 :** Cladogramme représentant la phylogénie de la sous-classe des Alsimatideae, réalisé avec la méthode de maximum de parcimonie, sur des séquences ADN du gène chloroplastique *rbcL*. (Les et al., 1997)..... 3
- Figure 2 :** Répartition de *Posidonia oceanica* le long des côtes méditerranéennes (ligne rouge) (d'après Procaccini et al., 2003, modifiée) 6
- Figure 3 :** Rhizome plagiotrope de *Posidonia oceanica* dont partent vers le haut deux rhizomes orthotropes et vers le bas des racines. Chaque rhizome porte un faisceau de feuilles (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982) 6
- Figure 4 :** Matte de Posidonies de plus de cinq mètres de haut retrouvée aux îles Baléares, (Espagne). En haut de la figure, des faisceaux vivants de *Posidonia oceanica* peuvent être reconnues (d'après Matéo et al., 2006, modifiée)..... 7
- Figure 5 :** Morphologie externe de *Posidonia oceanica* (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982) 8
- Figure 6 :** La lépidochronologie. En haut : disposition des écailles le long d'un rhizome de *Posidonia oceanica*. En bas : épaisseur des écailles (en μm). M : maximum d'épaisseur. m: minimum d'épaisseur. f.s: restes d'un pédoncule floral. P: prophylle (= préfeuille) accompagnant le pédoncule floral. L1: feuille vivante la plus âgée (d'après Pergent et al., 1989b)..... 9
- Figure 7 :** Inflorescence de *Posidonia oceanica* (A). Fleurs de *Posidonia oceanica* (B). Les étamines (e) sont situées à l'extérieur ; on aperçoit le sommet de l'ovaire doté de denticulations susceptibles d'accrocher le pollen filamenteux (o) (d'après Den Hartog, 1970)..... 11
- Figure 8 :** Fruits de *Posidonia oceanica* (« olives de mer »). Début de fructification (A). Fruits mûrs (flèche) (B) (d'après Lafabri, 2007)..... 12
- Figure 9 :** Biofilm présent sur les feuilles de *Posidonia oceanica*. Biofilm bactérien constitué de bactéries du genre *Bacillus* (Flèches), sur une feuille de Posidonie prise au microscope à transmission électronique (Gr : x600) (A). Diatomée du genre *Cocconeis*, sur une feuille de Posidonie prise au microscope électronique à balayage (Gr : x4300) (B) (d'après Pête, 2005)..... 14
- Figure 10 :** Colonie du Bryozoaire épiphyte *Electra posidoniae*, sur une feuille de *Posidonia oceanica* (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982) 16
- Figure 11 :** Représentation schématique d'un herbier de Posidonies (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982)..... 17

Figure 12 : Schématisation des différents biotopes de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> (d'après Mezali, 2008)	18
Figure 13 : Formation d'un récif barrière de <i>Posidonia oceanica</i> . 1 : Récif frangeant ; 2 : Récif barrière ; 3 : Lagon (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982)	19
Figure 14 : Schéma de l'herbier de plaine. En haut, coupe perpendiculaire à la côte, montrant une intermatte déferlante, une intermatte érosive et une intermatte structurale. En bas, vue du dessus des mêmes structures (d'après Boudouresque <i>et al.</i> , 2006)	20
Figure 15 : Schéma de l'herbier de colline (d'après Boudouresque <i>et al.</i> , 2006).....	21
Figure 16 : Micro-atoll de <i>Posidonia oceanica</i> (d'après Boudouresque <i>et al.</i> , 1990a)	22
Figure 17 : Schéma de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en "pain de sucre" (d'après Boudouresque <i>et al.</i> , 2006).....	22
Figure 18 : Schéma de l'herbier en escalier (d'après Boudouresque <i>et al.</i> , 2006)	23
Figure 19 : Coupe et vue en perspective d'un herbier ondoyant à <i>Posidonia oceanica</i> (d'après Bonhomme <i>et al.</i> , 1999).....	23
Figure 20 : Vue aérienne d'un herbier tigré, dans le golfe de Gabès (Tunisie) (d'après Blanpied <i>et al.</i> , 1979)	24
Figure 21 : Exemple de destin de production primaire de <i>Posidonia oceanica</i> à partir de 100 g de matière sèche d'un faisceau (d'après Romero, 2004a, modifiée). Pourcentage rouge : Pourcentage de production primaire transférer d'un compartiment à l'autre ; Pourcentage noire : Pourcentage de production primaire transférer à partir de 100 g de matière sèche du faisceau de Posidonie	27
Figure 22 : Relations trophiques (simplifiées) au sein de l'herbier de posidonie (<i>In</i> Champenois, 2008). COP : Carbone organique particulaire ; COD : Carbone organique dissous.....	29
Figure 23 : Schématisation des principaux rôles de l'herbier de Posidonies dans l'équilibre écologique des fonds littoraux méditerranéens (d'après Charbonnel <i>et al.</i> , 2000b).....	33
Figure 24 : Traces de chalut (flèches) dans un herbier à <i>Posidonia oceanica</i> de la rade de Giens (Var, France). Il s'agit des sillons creusés par les panneaux latéraux. Image obtenue au moyen d'un sonar latéral (d'après Paillard <i>et al.</i> , 1993)	37
Figure 25 : Sonogrammes montrant des traces (flèches) dues à l'ancrage de bateaux de croisière au sein de la prairie à <i>Posidonia oceanica</i> (d'après Ganteaume <i>et al.</i> , 2005)	38

Figure 26 : Zones de matte morte (flèches), au sein de l’herbier à <i>Posidonia oceanica</i> , dues à des explosions, dans la rade de Giens (Var, France). Image obtenue au moyen d’un sonar latéral (d’après Paillard <i>et al.</i> , 1993).....	39
Figure 27 : Evolution de la teneur en matière organique dans le sédiment, en fonction de la distance aux cages piscicoles et de la couche de sédiment (0-5, 5-10 ou 10-15cm de profondeur), à Sant’Amanza (Corse) en avril 1994 (d’après Pergent <i>et al.</i> , 1995)	40
Figure 28 : Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> colonisé par la chlorobionte invasive <i>Caulerpa taxifolia</i> (flèches) (Source : www.monverd.org).....	41
Figure 29 : Techniques de réimplantation de phanérogames marines. Bouture orthotrope de Posidonies fixée à un tuteur (1) ; boutures plagiotropes de Posidonies fixées par un crochet (2) (A). Cadre en ciment de type Cooper, avec des boutures de Posidonies (B) (d’après Boudouresque, 2001)	43
Figure 30 : Morphologie d’une holothurie aspidochirote (d’après Samyn <i>et al.</i> , 2006).....	48
Figure 31 : Anatomie interne d’une holothurie aspidochirote montrant les principaux organes (<i>In</i> , Samyn <i>et al.</i> , 2006)	49
Figure 32 : Schéma montrant le transit digestif d’une holothurie aspidochirote (d’après Conand, 1994, modifiée)	51
Figure 33 : Situation géographique des sites étudiés (petites flèches) (Source : www.maps.google.com , 2011 ; modifiée)	58
Figure 34 : Présentation des trois stations d’étude au niveau du site de Stidia. Station SS1 (A) ; station SS2 (B) et station SS3 (C). Endroit ou les prélèvements ont été réalisés (flèches rouges). Photos prise en Septembre 2011	60
Figure 35 : Présentation des trois stations d’étude au niveau du site de Hadjadj. Station HS1 (A) ; station HS2 (B) et station HS3 (C). Endroit ou les prélèvements sont réalisés (flèches rouges). Photos prise en Septembre 2011	62
Figure 36 : Décompte des faisceaux de Posidonies à l’intérieur du quadra de 25 x 25 cm. Photo prise au site de Hadjadj, en Juin 2011	63
Figure 37 : Etapes de traitement des faisceaux de Posidonies pour l’étude de la phénologie. Décortication d’un faisceau de Posidonie (A) ; mesure d’une feuille de Posidonie (B).....	66
Figure 38 : Traitement des échantillons d’holothuries pour l’analyse du taux de la matière organique. Dissection longitudinale d’une holothurie (A et B) ; collecte du tube digestif (flèche) (C) ; incision du tube digestif (D)	69

Figure 39 : Matériels utilisés pour l'analyse granulométrique réaliser au laboratoire de sédimentologie de l'université de Nice Sophia Antipolis. Tamiseuse mécanique de type OCTAGON (A) ; série de tamis correspondant à la série AFNOR (B).....	70
Figure 40 : Refus de tamis obtenu après tamisage mécanique (flèche)	71
Figure 41 : Densité moyenne des faisceaux de <i>Posidonia oceanica</i> dans l'ensemble des stations des sites de Stidia (SS1 & SSM) et de Hadjadj (HS1, HS2 & HS3).....	75
Figure 42 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> par faisceau dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj (B).....	77
Figure 43 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) par faisceau dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia	79
Figure 44 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) par faisceau dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj.....	80
Figure 45 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj (B).....	83
Figure 46 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia.....	85
Figure 47 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj	86
Figure 48 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS2) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj (B).....	89
Figure 49 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia.....	91

Figure 50 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj	92
Figure 51 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des pétioles de <i>P. oceanica</i> dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj (B).....	94
Figure 52 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS2) du site de Hadjadj (B).....	96
Figure 53 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) de Stidia	98
Figure 54 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) de Hadjadj	99
Figure 55 : Evolution mensuelle de l'indice foliaire moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> dans la station HS1 du site de Stidia (A) et l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS2) du site de Hadjadj (B).	102
Figure 56 : Evolution mensuelle de l'indice foliaire moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans la station SS1 du site de Stidia	103
Figure 57 : Evolution mensuelle de l'indice foliaire moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj.	104
Figure 58 : Evolution mensuelle du coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS2) du site de Hadjadj (B).....	106
Figure 59 : Evolution mensuelle du coefficient A moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A) et intermédiaires (B) dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia.....	108
Figure 60 : Evolution mensuelle du coefficient A moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> adultes (A) et intermédiaires (B) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj	109
Figure 61 : Pourcentage de la matière organique du Contenu Digestif (CD), du Sédiment du Biotope (SB) et des Fèces (F) des holothuries aspidochirotes étudiées.....	111

Figure 62 : Pourcentage des fractions granulométriques du Substrat du Contenu Digestif (SCD) et de celui du biotope (SB) de *H. (L.) poli* du site de Stidia. Fraction très grossière (> 2000 µm), fraction grossière (600-2000 µm) et fraction très fine (40-60 µm) en **(A)** ; fraction moyenne (200-600 µm) et fraction fine (60-200 µm) en **(B)** [Selon la classification de Berthois, (1975)] 112

Figure 63 : Indice d'Electivité E' (représenté par les chiffres sur les histogrammes) par classe de tailles des particules sédimentaires, indiquant la préférence ou le rejet d'une classe de taille durant la sélection de l'alimentation par *Holothuria (L.) poli*..... 113

Liste des tableaux

Tableau 1 : Production primaire nette épigée et endogée de <i>Posidonia oceanica</i> (d'après Gobert, 2002).....	26
Tableau 2 : Estimation des dégâts infligés à l'herbier de Posidonies lors du processus d'ancrage des bateaux en fonction du type d'ancrage et de l'état initial de l'herbier (d'après Francour <i>et al.</i> , 1999).....	38
Tableau 3 : Nombre d'espèces animales et végétales associées aux herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> des côtes algériennes (d'après Grimes <i>et al.</i> , 2004, modifié)	46
Tableau 4 : Classement des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction du nombre de faisceaux / m ² (d'après Giraud, 1977b).....	64
Tableau 5 : Classification de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de la profondeur. Prof = profondeur (m) ; DA = densité anormale, DSI = densité subnormale inférieure, DN = densité normale (en gras), DSS = densité subnormale supérieure (d'après Pergent <i>et al.</i> , 1995)	65
Tableau 6 : Classification des herbiers de Posidonies dans l'ensemble des stations de Stidia et de Hadjadj, selon Giraud (1977b) et Pergent <i>et al.</i> , (1995). (Voir liste des abréviations).....	75
Tableau 7 : Valeurs de densité moyenne de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	114
Tableau 8 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de surface foliaire de feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	121

Liste des abréviations et des acronymes

- A** : Avril.
- AFNOR** : Association Française de Normalisation.
- A.J** : Avant Jésus.
- ADN** : Adénosine Désoxyribonucléique.
- ANOVA** : Analyse de Variance ("Analyse of variance").
- CD** : Contenu Digestif.
- CH₄** : Méthane.
- cm/an** : centimètre par an.
- cm/heure** : centimètre par heure.
- E'** : Indice d'électivité.
- ENSSMAL** : Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
- F** : Fèces.
- f.s.** : pédoncule florale ("floral stalk").
- F-2011** : Février 2011.
- g MS/m²** : gramme de Matière Sèche par mètre carré.
- g MS/m²/an** : gramme de Matière Sèche par mètre carré et par an.
- Gr** : Grossissement.
- HS1** : Hadjadj Station 1.
- HS2** : Hadjadj Station 2.
- HS3** : Hadjadj Station 3.
- HSD** : Difference significative honnête ("Honestly Significant Difference").
- H₂S** : Sulfure d'hydrogène.
- IF** : Indice Foliaire.
- J** : Juin.
- Ju** : Juillet.
- LFA** : Longueur moyenne des Feuilles Adultes.
- LFI** : Longueur moyenne des Feuilles Intermédiaires.
- LFJ** : Longueur moyenne des Feuilles Juvéniles.
- IFA** : largeur moyenne des Feuilles Adultes.
- IFI** : largeur moyenne des Feuilles Intermédiaires.
- IFJ** : largeur moyenne des Feuilles Juvéniles.
- l/m²/j** : litre par mètre carré par jour.
- M** : Mars.
- m** : moyenne arithmétique.
- Ma** : Mai.
- m/jour** : mètre par jour.
- mm/an** : millimètre par jour.
- m²/m²** : mètre carré par mètre carré.
- n** : nombres d'observations.
- PB** : Poids Brulé.
- PCB** : Polychlorobiphényle.
- pi** : pourcentage des grains de sédiment du biotope.

PS : Poids Sec.

Psu : Unité de Salinité Pratique ("Practical Salinity Unit").

RbcL : Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase Large.

r_i : pourcentage des grains de sédiment du contenu digestif des holothuries.

S: écart-type.

S²: variance.

SB : Substrat du Biotope.

SFA : Surface Foliaire Adultes.

SFG : Surface Foliaire Globales.

SFI : Surface Foliaire Intermédiaires.

SFJ : Surface Foliaire Juvéniles.

SS1 : Stidia Station 1.

SS2: Stidia Station 2.

SS3: Stidia Station 3.

SSM: Stidia Substrat meuble.

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture ("United Nations Educational, Scientific and cultural Organization").

USA : Les États Unis d'Amérique ("United State of America").

USD: Dollars Américain ("United State Dollars").

Xi : valeurs observées.

µm : micromètre.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. LES HERBIERS DE POSIDONIES.....	2
I.1. <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile 1813	2
I.1.1. Historique	2
I.1.2. Systématique.....	5
I.1.3. Distribution géographique	5
I.1.4. Biologie	5
I.1.4.1. Morphologie.....	5
I.1.5. Ecologie	10
I.1.5.1. Sensibilité aux facteurs externes abiotiques	10
I.1.5.1.1. Luminosité	10
I.1.5.1.2. Salinité.....	10
I.1.5.1.3. Température	10
I.1.5.1.4. Hydrodynamisme	10
I.1.5.2. Cycle de vie.....	10
I.1.5.3. Reproduction.....	11
I.2. Les organismes épiphytes associés à <i>Posidonia oceanica</i>	13
I.3. Structure des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i>	16
I.4. Types d'herbiers à <i>Posidonia oceanica</i>	19
I.4.1. L'herbier de plaine.....	20
I.4.2. L'herbier de colline	20
I.4.3. Les micro et macro atolls.....	21
I.4.4. L'herbier en "pain de sucre"	22
I.4.5. L'herbier en escalier	22
I.4.6. L'herbier ondoyant	23
I.4.7. L'herbier tigré.....	24
I.5. Fonctionnement de l'écosystème à <i>Posidonia oceanica</i>	24
I.5.1. Production primaire	24
I.5.2. Devenir de la production primaire	26
I.5.3. Biomasse.....	30

I.6. Importance de l'écosystème à <i>Posidonia oceanica</i>	31
I.7. Utilisation de la Posidonie comme bioindicateur	33
I.8. Régression de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	34
I.8.1. La pollution.....	35
I.8.2. Les aménagements littoraux et modification des flux sédimentaires	35
I.8.3. Le chalutage.....	36
I.8.4. Plaisance et ancrage.....	37
I.8.5. L'utilisation des explosives	39
I.8.6. L'aquaculture.....	39
I.8.7. La compétition avec les algues introduites.....	40
I.9. Restauration des herbiers de Posidonies.....	42
I.10. Surveillance des herbiers de Posidonies.....	44
I.11. Les herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> des côtes algériennes	44
II. LES HOLOTHURIES : COMPARTIMENT IMPORTANT DE L'HERBIER DE POSIDONIES	47
II.1. Taxonomie.....	47
II.2. Répartition.....	47
II.3. Morphologie et anatomie.....	48
II.4. Ecologie de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés retrouvées dans les sites étudiés	50
II.4.1. <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i>	50
II.4.2. <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i>	50
II.4.3. <i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i>	50
II.4.4. <i>Holothuria (Platyperona) sanctori</i>	50
II.5. Régime et comportement alimentaire des holothuries	50
II.5.1. Concept de la théorie de l'"Optimal Foraging"	53
II.5.2. Importance du mode d'alimentation des holothuries "deposit feeders"	53
II.5.3. Relation des holothuries aspidochirotés avec l'herbier de Posidonies.....	54
II.6. Mobilité.....	54
II.7. Intérêt économique et exploitation des holothuries	55

CHAPITRE 2: MATERIELS ET METHODES

I. OBJECTIFS DE L'ETUDE	57
II. PRESENTATION DES SITES D'ETUDE.....	57

II.1. Description du site de Stidia	58
II.2. Description du site de Hadjadj.....	60
III. ECHANTILLONNAGE ET TRAITEMENT DES ECHANTILLONS	62
III.1. Densité de l’herbier de Posidonies	62
III.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques	65
III.3. Comportement alimentaire des holothuries aspidochirotes inféodés aux herbiers de Posidonies étudiés.....	68
III.3.1. Analyse du taux de la matière organique	68
III.3.2. Analyse granulométrique	70
III.4. Analyses statistiques des données	71
III.4.1. Paramètres descriptifs	72
III.4.1.1. Calcul de la moyenne arithmétique.....	72
III.4.1.2. Calcul de la variance et de l’écart-type	72
III.4.2. Analyse de la variance (ANOVA)	72
III.4.3. Test HSD de Tukey.....	73

CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS.....	74
I.1. Caractéristiques et densité des herbiers de Posidonies des sites étudiés	74
I.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques	76
I.2.1. Nombre moyen de feuilles par faisceau	76
I.2.1.1. Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par faisceau	76
I.2.1.2. Nombre moyen de feuilles adultes par faisceau.....	77
I.2.1.3. Nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau	81
I.2.1.4. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau	81
I.2.2. Longueur moyenne des feuilles	82
I.2.2.1. Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	82
I.2.2.2. Longueur moyenne des feuilles adultes	83
I.2.2.3. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires.....	87
I.2.2.4. Longueur moyenne des feuilles juvéniles	87
I.2.3. Largeur moyenne des feuilles.....	88
I.2.3.1. Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	88
I.2.3.2. Largeur moyenne des feuilles adultes.....	89
I.2.3.3. Largeur moyenne des feuilles intermédiaires	93

I.2.3.4. Largeur moyenne des feuilles juvéniles	93
I.2.4. Longueur moyenne des pétioles	93
I.2.5. Surface foliaire moyenne	95
I.2.5.1. Surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	95
I.2.5.2. Surface foliaire moyenne des feuilles adultes	96
I.2.5.3. Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires	100
I.2.5.4. Surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles	100
I.2.6. Indice foliaire moyen.....	101
I.2.6.1. Indice foliaire moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires)	101
I.2.6.2. Indice foliaire moyen des feuilles adultes	102
I.2.6.3. Indice foliaire moyen des feuilles intermédiaires	105
I.2.6.4. Indice foliaire moyen des feuilles juvéniles	105
I.2.7. Coefficient A moyen	105
I.2.7.1. Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	105
I.2.7.2. Coefficient A moyen des feuilles adultes.....	107
I.2.7.3. Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires	109
I.3. Comportement alimentaire des holothuries aspidochirotés inféodés aux herbiers de Posidonies étudiés.....	110
I.3.1. Analyse du taux de la matière organique.....	110
I.3.2. Analyse granulométrique.....	111
II. DISCUSSION.....	113
II.1. Densité de l'herbier de Posidonies.....	113
II.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques	114
II.2.1. Nombre moyen de feuilles par faisceau	114
II.2.1.1. Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par faisceau.....	114
II.2.1.2. Nombre moyen de feuilles adultes par faisceau	115
II.2.1.3. Nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau	115
II.2.1.4. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau	116
II.2.2. Longueur moyenne des feuilles.....	116
II.2.2.1. Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)	116
II.2.2.2. Longueur moyenne des feuilles adultes	117
II.2.2.3. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires	118
II.2.2.4. Longueur moyenne des feuilles juvéniles.....	118
II.2.3. Largeur moyenne des feuilles	119
II.2.3.1. Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)	119

II.2.3.2. Largeur moyenne des feuilles adultes	119
II.2.3.3. Largeur moyenne des feuilles intermédiaires.....	120
II.2.3.4. Largeur moyenne des feuilles juvéniles.....	120
II.2.4. Longueur moyenne des pétioles	120
II.2.5. Surface foliaire moyenne	121
II.2.6. Indice foliaire moyen	122
II.2.7. Coefficient A moyen	122
II.2.7.1. Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	122
II.2.7.2. Coefficient A moyen des feuilles adultes	123
II.2.7.3. Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires.....	123
II.3. Comportement alimentaire des holothuries aspidochirotés inféodés aux herbiers de Posidonies étudiés.....	123
II.3.1. Analyse du taux de la matière organique	123
II.3.2. Analyse granulométrique	125
DISCUSSION GENERALE	127
CONCLUSION GENERALE	133
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	135
ANNEXE	165

INTRODUCTION

Introduction

Posidonia oceanica constitue l'une des espèces les plus importantes et les plus étudiées de l'étage infralittoral de la Méditerranée. Endémique de cette mer, la Posidonie revêt un rôle de premier ordre au niveau écologique et économique (Boudouresque *et al.*, 2006). L'herbier qu'elle forme est considéré comme un écosystème pivot, voire ingénieur du littoral méditerranéen ; il constitue la base de la richesse des eaux littorales de la méditerranée (Molinier et Picard, 1952 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). L'herbier à *Posidonia oceanica* représente surtout un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines (Pergent, 1991b). Très largement distribué sur tout le littoral méditerranéen, particulièrement sensible à la pollution (Augier *et al.*, 1984a), solidaire au fond, il rend compte par sa vitalité (ou sa régression), de la qualité des eaux qui dérivent au dessus de lui (Pergent *et al.*, 1995). L'essor qu'a pris la recherche sur la Posidonie en Méditerranée est très important, les travaux de Micheli *et al.*, (2005) sur sa variabilité génétique et ceux de Pergent *et al.*, (2008) sur sa compétition avec l'espèce invasive *Caulerpa taxifolia* l'attestent.

Les herbiers de Posidonies qui couvrent certaines surfaces du littoral Algérien ont fait l'objet de plusieurs travaux, dont ceux de Semroud *et al.*, (1992), Semroud, (1993) et Boumaza et Semroud, (2000) pour le littoral centre Algérien ; Mammeria et Djebar, (2006) pour le littoral Est Algérien et celui de Slimane Tamacha, (2008) pour le littoral Ouest Algérien ; cette dernière avait fait une étude très préliminaire sur un herbier superficiel dans la localité de Sassel (Ain Temouchent). A l'exception du travail réalisé par Houari et Hamidi, (2004), l'herbier à *Posidonia oceanica* de la frange côtière de Mostaganem n'a fait l'objet d'aucunes observations permettant d'en apprécier l'état actuel et de le comparer aux autres herbiers de la Méditerranée.

C'est dans cette optique que nous nous sommes proposé de faire une étude préliminaire des herbiers que constitue cette phanérogame marine, au niveau de deux localités de la frange côtière de Mostaganem (Stidia et Hadjadj). Ce travail consiste en une estimation de la densité des herbiers et un suivi de la variation mensuelle des paramètres phénologiques de la Posidonie qui s'avèrent être essentiels voire primordiales, afin de pouvoir évaluer l'état de santé des herbiers à *Posidonia oceanica* de la côte Mostaganemoise. Nous avons complété ce travail par une étude sur le comportement alimentaire de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés inféodées à l'herbier de Posidonies, afin d'en ressortir avec une idée sur la relation entre ces animaux et l'herbier à *Posidonia oceanica*.

CHAPITRE 1 :
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Les herbiers de Posidonies

I.1. *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813

I.1.1. Historique

Vers la fin de l'ère Secondaire, des phanérogames continentales retournent au milieu marin, pour constituer l'ensemble des phanérogames marines. Selon Den Hartog (1970), les Juncaginaceae actuelles et les phanérogames marines pourraient descendre d'ancêtres communs ; le transit du milieu terrestre vers le milieu marin se serait effectué dans des forêts maritimes ressemblant aux actuelles mangroves. L'adaptation décisive est constituée par le passage d'un type de pollinisation anémophile (pollen véhiculé par le vent) à une pollinisation hydrophile (pollen transporté par l'eau). L'étude de Les *et al.*, (1997), portant sur la phylogénie des Alismatidea (sous-classe des Angiospermes monocotylédones qui regroupe toutes les phanérogames marines), conforte l'hypothèse de Den Hartog (1970) sur l'origine terrestres des phanérogames marines, ainsi que celle de Larkum et Den Hartog (1989), sur l'ancêtre des Hydrocharitaceae marines (*Thalassia sp*, *Enhalus sp* et *Halophila sp*), qui est une espèce d'eau douce (Fig. 1). Cependant ; Les *et al.*, (1997) mettent les Posidoniaceae, les Ruppiaceae et les Cymodeceaceae, dans un seul et même clade, ce qui veut dire qu'ils sont extrêmement proche phylogénétiquement (Fig. 1). Selon les mêmes auteurs, les phanérogames marines et terrestres (les genres *Xanthosma*, *Ariopsis* et *Acorus*) ont un ancêtre commun qui est très lointain (éloignées phylogénétiquement) (Fig. 1).

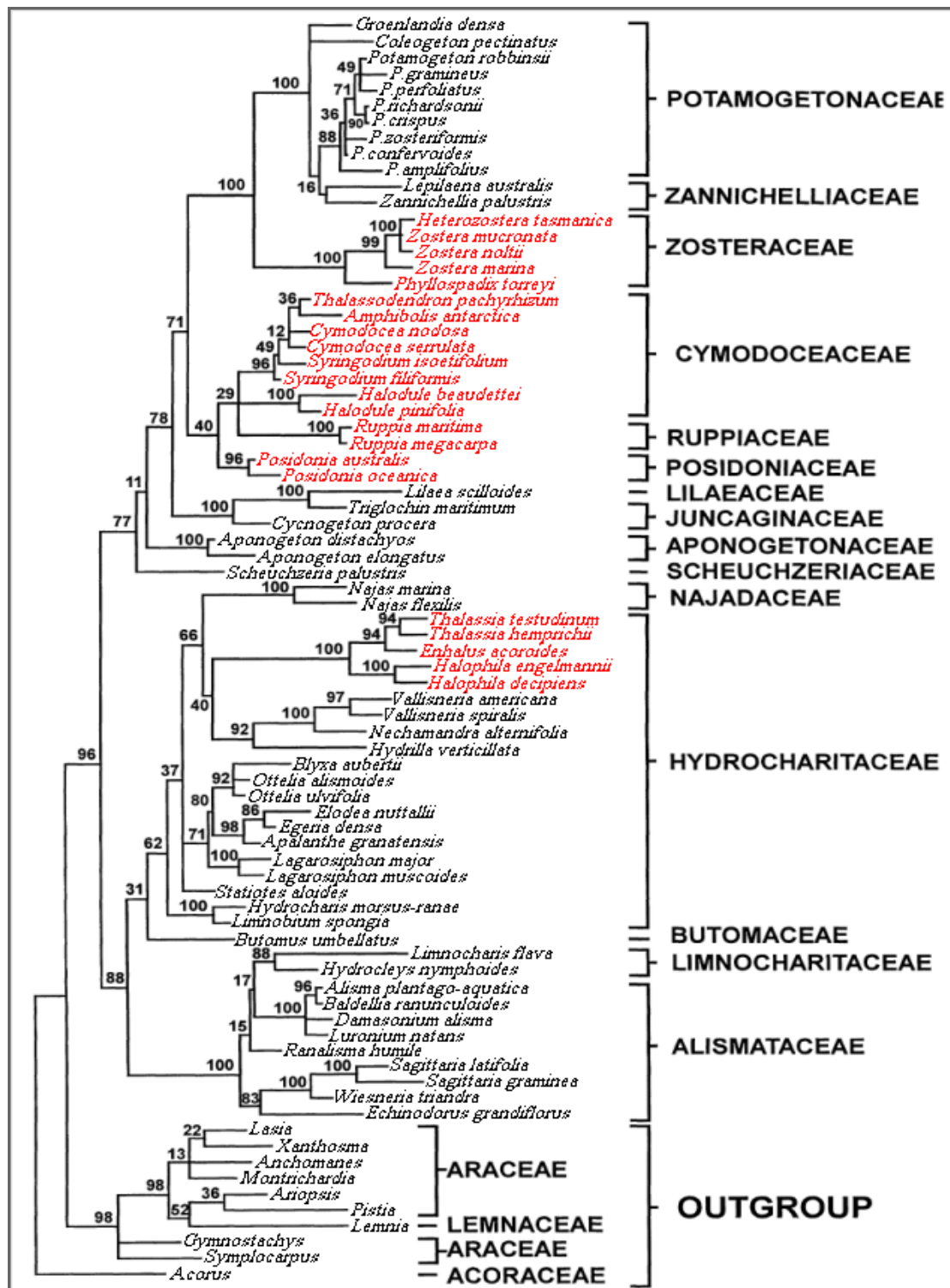


Figure 1 : Cladogramme représentant la phylogénie de la sous-classe des Alsimatideae, réalisé avec la méthode de maximum de parcimonie, sur des séquences ADN du gène chloroplastique *rbcL*. En rouge : les phanérogames marines. La longueur des branches est proportionnelle au nombre de substitution (degré d'évolution). Le groupe extérieure "outgroup" est représenté par des familles de la sous-classe des Arecidae qui regroupe des phanérogames terrestres (d'après Les et al., 1997).

La plus ancienne Posidonie connue, *Posidonia cretacea*, vivait au Crétacé, en Westphalie (Allemagne), mais on sait peu de chose sur cette espèce. C'est à partir du Tertiaire que les Posidonies semblent envahir les mers et y jouer un rôle considérable. On trouve, dans les marnes du Paléocène, les restes d'une Posidonie plus grande, dans toutes ces proportions, que les espèces actuelles, *Posidonia perforata* ; les rhizomes un peu aplatis, mesure 1.5 cm de large ; les feuilles sont larges de 18 mm environ et présentent de nombreuses nervures ; les bases des anciennes feuilles (pétioles ou écailles) demeurent fixées au rhizome, comme c'est encore le cas chez les espèces actuelles ; ces pétioles présentent de nombreuses perforations allongées (d'où le nom donné à l'espèce) ; on observe même des cellules à tannins comme chez les Posidonies actuelles (Saporta et Marion, 1878 ; Stockmans, 1932).

A l'Eocène une Posidonie réellement très proche des espèces actuelles, *Posidonia parisiensis*, était répandue dans les mers qui occupaient l'emplacement de l'Europe, depuis le bassin parisien jusqu'à l'Ukraine (Boudouresque et Jeudy De Grissac, 1983).

La Posidonie vivante actuellement en Méditerranée, n'est connue à l'état fossile que depuis le Pléistocène d'Ischia en Italie (Rittmann, 1930). On retrouve ces restes à l'Holocène, dans des vases sableuses à Giens (Blanc, 1958). A la base d'une intermatte déferlante de la baie de Calvi (Corse), les rhizomes d'une matte en place ont été datés 4590 ans A.J (Boudouresque *et al.*, 1980d). A Port-la-Nouvelle, à 1 km à l'intérieur des terres, on a également découvert une strate correspondant à un ancien herbier à *Posidonia oceanica*, qui a été daté de 2100 ans A.J (Aloisi *et al.*, 1978).

Posidonia oceanica fut décrite de manière précise, pour la première fois en 1623, par G. Bauhin (Den Hartog, 1970) sous le nom *d'Alga marina*. Ce n'est qu'en 1813 que Delile, dans la flore d'Egypte, lui a donné son nom actuel de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813. La structure des pousses de Posidonies a été largement décrite dans de nombreux ouvrages et travaux (par exemple les travaux de : Den Hartog, 1970 ; Caye, 1980 ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Bay, 1984 ; Gobert *et al.*, 2005a).

Le nom du genre *Posidonia*, vient du mot Poséidon qui n'est autre que le nom donné au dieu de la mer par les grecques antiques, alors que le nom de l'espèce *oceanica* qui veut dire océanique, vient d'une confusion à la fin du XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècle avec la zostère *Zostera marina* qui existe dans l'océan Atlantique (In Hamdi, 2007).

I.1.2. Systématique

La classification de *Posidonia oceanica* se présente comme suit :

Règne : *Plantae*

Sous règne: *Tracheobionta*

Super division: *Spermatophyta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Liliopsida*

Sous Classe : *Alismatidae*

Ordre : *Najadales*

Famille : *Posidoniaceae*

Genre : *Posidonia*

Espèce : *oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813.

I.1.3. Distribution géographique

La phanérogame marine *Posidonia oceanica* est endémique à la mer Méditerranée, elle colonise les côtes européennes (France, Corse, Sardaigne, Italie, Yougoslavie, Grèce, Turquie) et les côtes Nord Africaines (Egypte, Libye, Tunisie, Algérie) (Den Hartog, 1970 ; Phillips et Meñez, 1988). Elle est plus abondantes dans sa partie occidentale que dans sa partie orientale (absence dans la Mer de Marmara, le Bosphore et dans la Mer noire), même si elle disparaît près de Gibraltar et à l'embouchure des grands fleuves (Rhône, Pô, Nil); suite aux trop fortes variations de salinité, à la trop faible disponibilité en lumière et à la turbidité (Boudouresque et Meneisz, 1982) (Fig. 2).

I.1.4. Biologie

I.1.4.1. Morphologie

Posidonia oceanica est constituée par des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment, que l'on nomme rhizomes. Les rhizomes rampants (à croissance horizontale) sont dits **plagiotropes**, ils assurent l'ancrage de l'herbier et l'extension de sa surface; ceux dressés sont dits **orthotropes**, ils permettent la croissance verticale et empêchent l'enfouissement des feuilles (Fig. 3). La différenciation des rhizomes plagiotropes et orthotropes n'est pas irréversible ; un rhizome plagiotrope peut se transformer en rhizome orthotrope et vice-versa (Caye, 1980).



Figure 2 : Répartition de *Posidonia oceanica* le long des côtes méditerranéennes (ligne rouge) (d’après Procaccini *et al.*, 2003, modifiée).

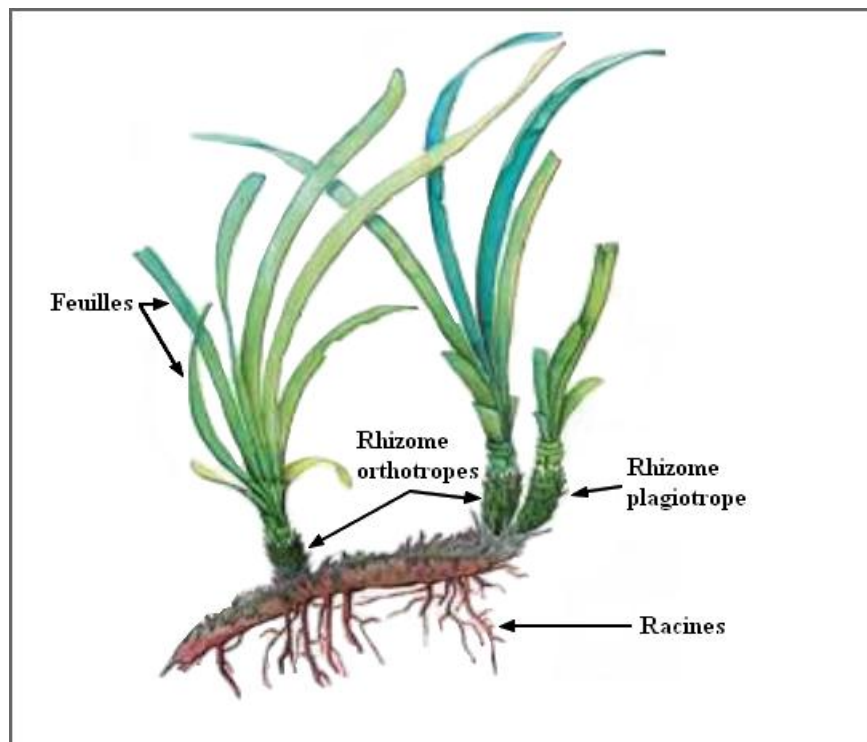


Figure 3 : Rhizome plagiotrope de *Posidonia oceanica* dont partent vers le haut deux rhizomes orthotropes et vers le bas des racines. Chaque rhizome porte un faisceau de feuilles (d’après Boudouresque et Meinesz, 1982).

Ce lacis de rhizomes et de racines, allié à la couverture dense formé par les feuilles qui occasionne une réduction de l'hydrodynamisme, et donc une augmentation de la sédimentation, fonctionne comme un véritable piège à sédiment, entraînant une élévation de l'herbier au cours du temps, et donc du fond de la mer. Suite à cela, on obtient une structure typique appelée **matte** (Boudouresque *et al.*, 1980d ; Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983) (Fig. 4). Cette matte, qui peut parfois être assez âgée, est la seule trace d'herbier qui subsiste lorsque celui-ci a disparu d'une zone où il était présent autrefois (matte morte) (Molinier et Picard, 1952).

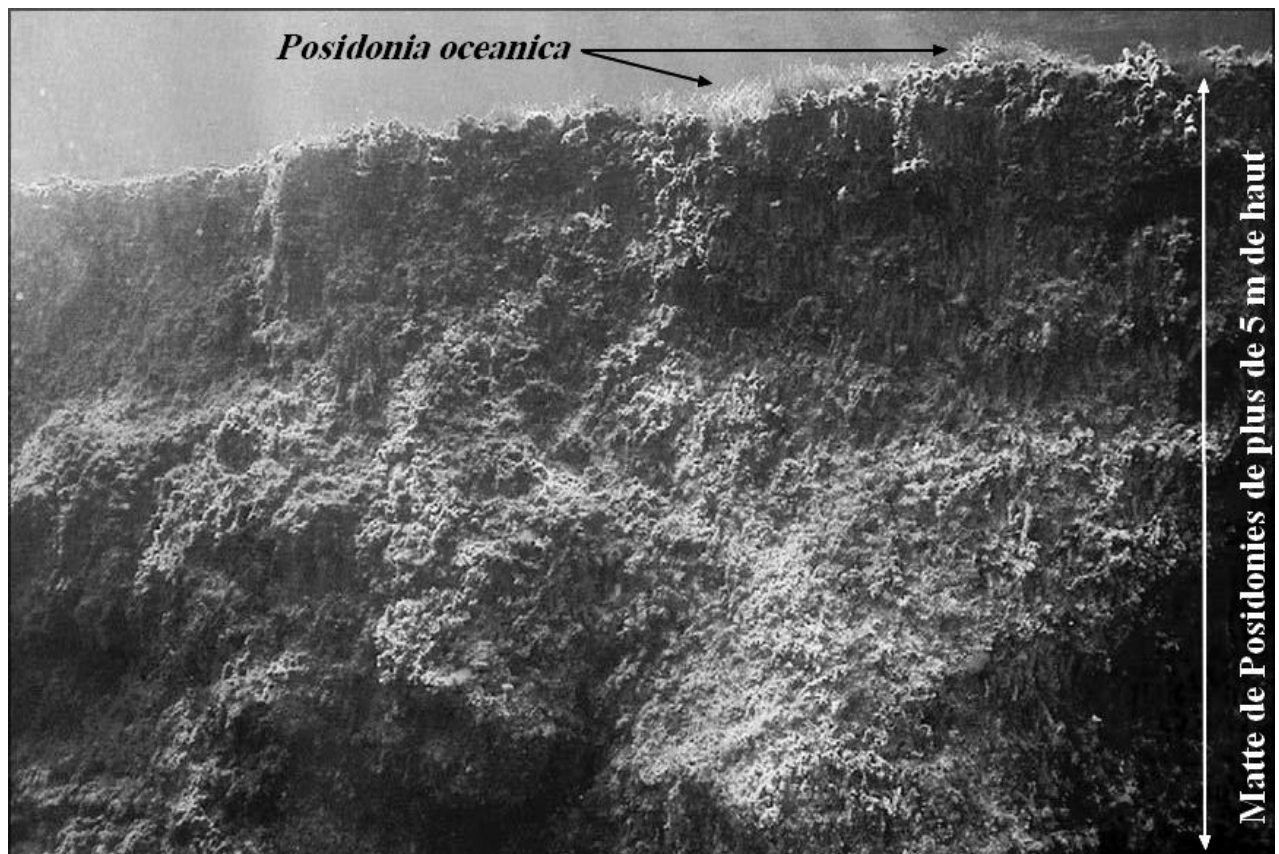


Figure 4 : Matte de Posidonies de plus de cinq mètres de haut retrouvée aux îles Baléares, (Espagne). En haut de la figure, des faisceaux vivants de *Posidonia oceanica* peuvent être reconnues (d'après Matéo *et al.*, 2006, modifiée).

Les rhizomes se terminent par des groupes de 4 à 8 feuilles (qui forme un faisceau), larges de 8-11 mm en moyenne et longues de 20-80 cm en moyenne, mais pouvant atteindre plus d'un mètre (Giraud *et al.*, 1979 ; Panayotidis et Giraud, 1981). Ils portent également des racines qui peuvent descendre jusqu'à 70 cm dans le sédiment (Giraud *et al.*, 1979 ; Caye, 1980 ; Boudouresque et Meinesz, 1982) (Fig. 3).

De nouvelles feuilles se forment toute l'année. Elles vivent entre cinq et huit mois, plus rarement jusqu'à 13 mois. La zone de croissance des feuilles est située à leur base et l'apparition des feuilles s'effectue de l'intérieur vers l'extérieur du faisceau. Les feuilles les plus jeunes sont donc les plus centrales et les plus vieilles, les plus externes. On nomme feuilles juvéniles les feuilles de moins de cinq centimètres de longueur et feuilles intermédiaires les feuilles de plus de cinq centimètres sans gaine basale (= pétiole) ; lorsque la croissance est terminée, une gaine basale se met en place : la feuille est alors dite adulte (Giraud, 1979 ; Ott, 1980 ; Thélin et Boudouresque, 1983) (Fig. 5).

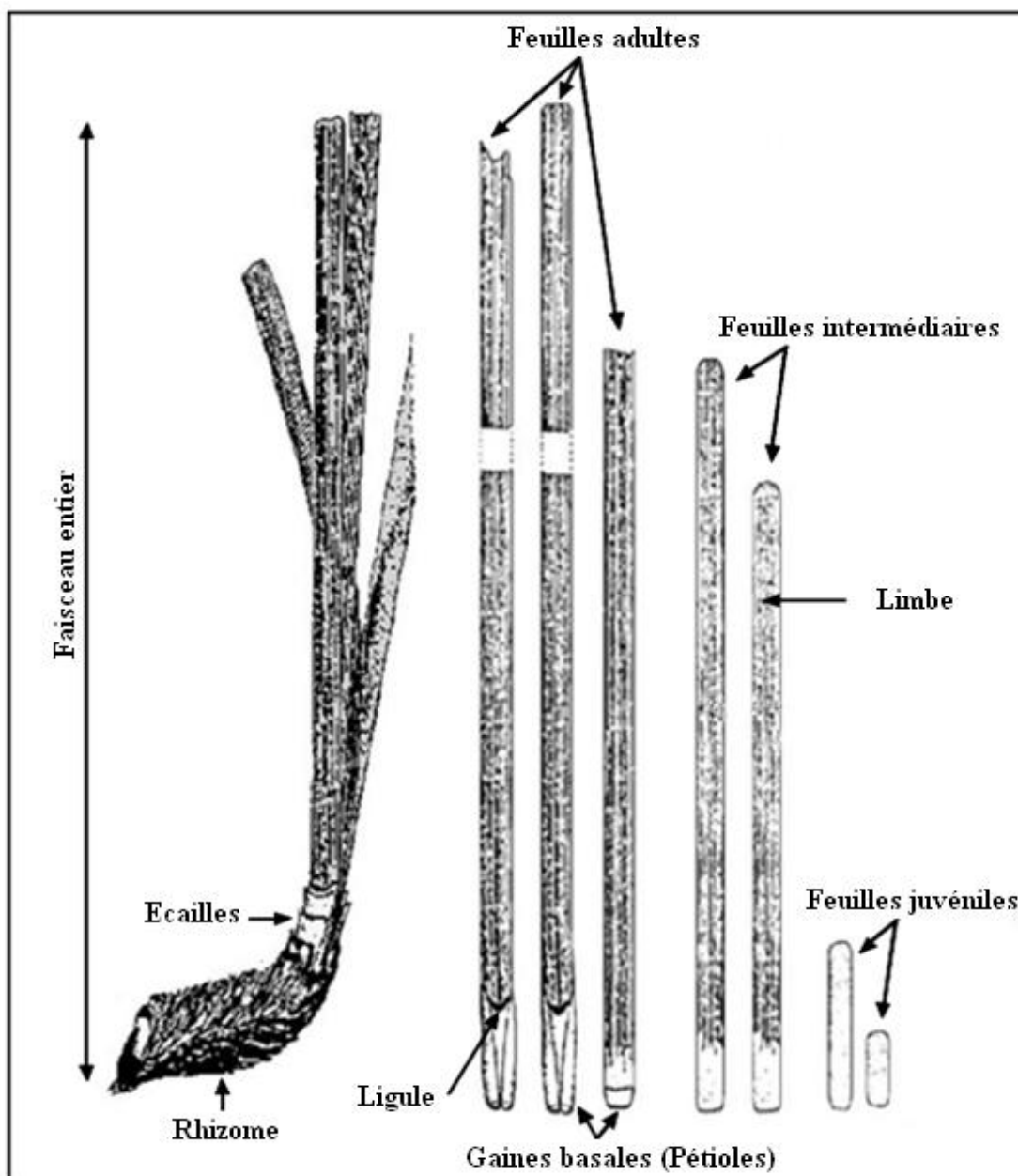


Figure 5 : Morphologie externe de *Posidonia oceanica* (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982).

A leur mort, les feuilles ne se détachent pas en totalité ; seul le limbe est caduc, tandis que la gaine basale (appelée aussi pétiole), de quelques centimètres de longueur, reste fixée au rhizome. On lui donne alors le nom d'écaïlle (Fig. 5). Les écaïlles (comme les rhizomes) sont peu putrescibles et se conservent donc pendant plusieurs siècles ou millénaires. Toute une série de paramètres des écaïlles (longueur, épaisseur, anatomie) varie de façon cyclique le long d'un cycle annuel. On désigne sous le nom de **lépidochronologie** l'analyse de ces cycles annuels (Crouzet, 1981 ; Crouzet *et al.*, 1983 ; Pergent *et al.*, 1983 ; Pergent, 1990a).

La lépidochronologie (Fig. 6), constitue un outil pour mesurer la vitesse de croissance des rhizomes, le nombre de feuilles formées chaque année, la dynamique d'édification des herbiers, la production primaire passée, les teneurs anciennes en contaminants, etc... (Pergent, 1990b ; Pergent et Pergent-Martini, 1990 ; 1991 ; Pergent *et al.*, 1992 ; Pergent-Martini et Pergent, 1994 ; Pergent-Martini, 1998).

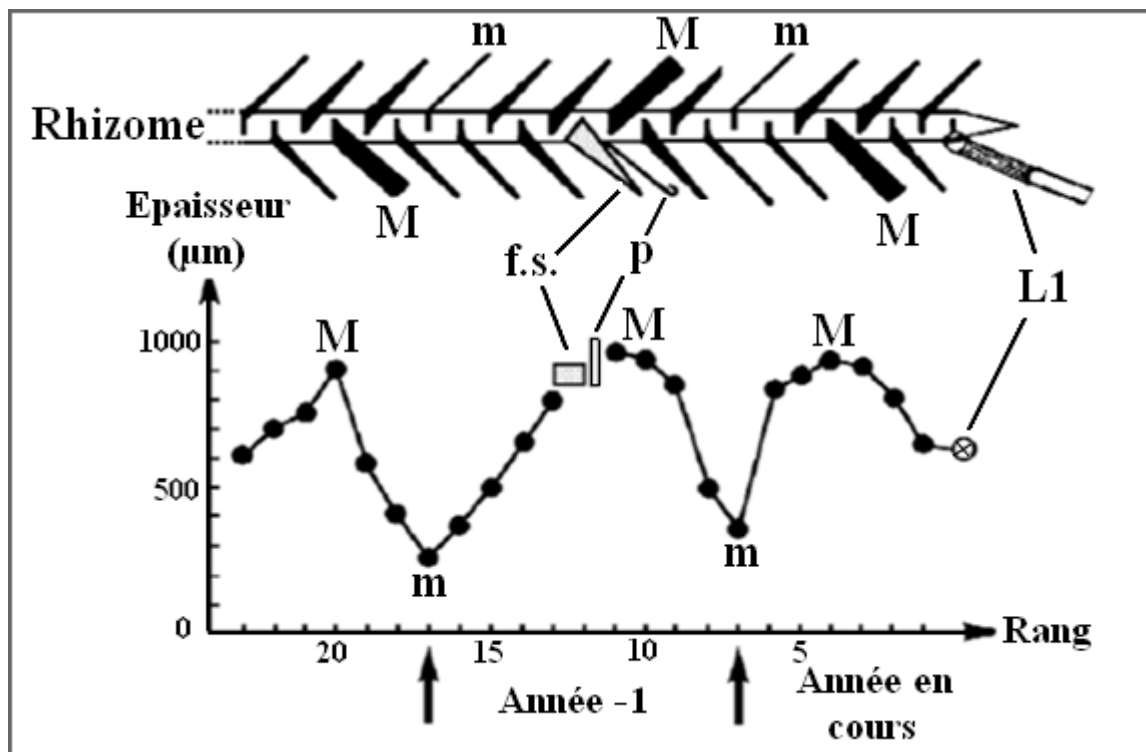


Figure 6 : La lépidochronologie. En haut : disposition des écaïlles le long d'un rhizome de *Posidonia oceanica*. En bas : épaisseur des écaïlles (en µm). M : maximum d'épaisseur. m : minimum d'épaisseur. f.s.: restes d'un pédoncule floral. P: prophyllé (= préfeuille) accompagnant le pédoncule floral. L1: feuille vivante la plus âgée (d'après Pergent *et al.*, 1989b).

I.1.5. Ecologie

I.1.5.1. Sensibilité aux facteurs externes abiotiques

I.1.5.1.1. Luminosité

Comme pour l'ensemble des phanérogames marines, *Posidonia oceanica* est très sensible à la disponibilité en lumière et ne peut survivre en dessous de 10 à 16 % de l'irradiance de surface (Alcoverro *et al.*, 2001a ; Ruiz et Romero, 2001). La lumière constitue l'un des facteurs les plus importants pour la croissance, la répartition et la densité des herbiers à *Posidonia oceanica* (Ballesta *et al.*, 2000 ; Elkalay *et al.*, 2003). Elle s'observe depuis la surface, jusqu'à des profondeurs de l'ordre de -30 à -40 mètres, en fonction de la transparence de l'eau (Boudouresque et Meinesz 1982).

I.1.5.1.2. Salinité

Posidonia oceanica est très sensible aux variations de salinité. En effet, celle-ci a besoin d'une salinité comprise entre 29 et 38 psu pour se développer correctement (Fernández-Torquemada et Sánchez-Lizaso, 2005), même si elle peut survivre jusqu'à des salinités de 25 et 42 psu. Cette propriété peut expliquer sa disparition au niveau de l'embouchure des grands fleuves (apport d'eau douce et d'une quantité importante de sédiment qui trouble l'eau) et son absence des étangs saumâtres (Boudouresque et Meneisz, 1982 ; Duarte, 2002).

I.1.5.1.3. Température

Posidonia oceanica est présente dans les eaux qui présentent des températures situées entre 10.5 et 30 °C ; sa croissance est optimale entre 17 et 20 °C (Den Hartog, 1970 ; Ben Alaya, 1972 ; Augier *et al.*, 1980). Les températures extrêmes mesurées dans un herbier de Posidonies sont 9 et 29.2 °C (récif-barrière de la baie de Port-Cros, Var, France) (Augier *et al.*, 1980 ; Robert, 1988). Celebi *et al.*, (2006) indiquent comme limite maximale de température pour la croissance de *Posidonia oceanica* la valeur de 28.4 °C.

I.1.5.1.4. Hydrodynamisme

Posidonia oceanica craint un hydrodynamisme trop intense, puisque les violentes tempêtes peuvent arracher des faisceaux, dont certains constitueront des boutures. Elles peuvent éroder la matre, soit directement, soit en la vidant de son sédiment, ce qui la fragilise (Boudouresque *et al.*, 2006).

I.1.5.2. Cycle de vie

Le cycle de vie de *Posidonia oceanica* est annuel. La reproduction peut être asexuée ou plus rarement sexuée. En cas de conditions défavorables à la germination, les graines entrent en dormance. De plus, on observe une augmentation du nombre de feuilles par faisceau d'août à

novembre, un nombre constant de décembre à mai et une diminution de juin à novembre à -10 m de profondeur. La longueur maximale des feuilles est atteinte aux alentours des mois de juin et de juillet et la période de croissance maximale à lieu en juin. Les mêmes cycles ont également été observés à des profondeurs plus importantes mais avec un décalage dans le temps (Bay, 1984 ; Novak, 1984 ; Romero, 1989b ; Pergent et Pergent- Martini, 1991 ; Elkalay *et al.*, 2003).

I.1.5.3. Reproduction

La floraison de *Posidonia oceanica* se produit en automne. Les fleurs sont hermaphrodites et sont regroupées (4 à 10 fleurs) en une inflorescence portée par un pédoncule de 10-30 cm de longueur (Fig. 7). La floraison ne se produit pas tous les ans, surtout dans les eaux relativement froides du nord de la Méditerranée Occidentale. Certaines années (e.g. 1971, 1982, 1993, 1997 et 2003) ont été marquées par une floraison particulièrement intense à l'échelle de l'ensemble de la Méditerranée (Giraud, 1977b ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Mazzella *et al.*, 1983 ; 1984 ; Caye et Meinesz, 1984 ; Pergent, 1985 ; Pergent *et al.*, 1989a ; Acunto *et al.*, 1996 ; Piazzini *et al.*, 1999 ; Gobert *et al.*, 2006). En Méditerranée Sud-occidentale et plus particulièrement en Algérie, d'anciennes floraisons de *Posidonia oceanica* ont été citées (Semroud, 1991 *In* Boumaza, 1995) ; alors que Boumaza (1995) avait observée des faisceaux qui portaient à leurs bases des hampes florales témoignant d'une floraison. La floraison semble induite par des températures printanières et/ou estivales élevées et par une température avoisinant 20 °C en octobre (Caye et Meinesz, 1984 ; Pergent *et al.*, 1989a ; Stoppelli et Peirano, 1996).

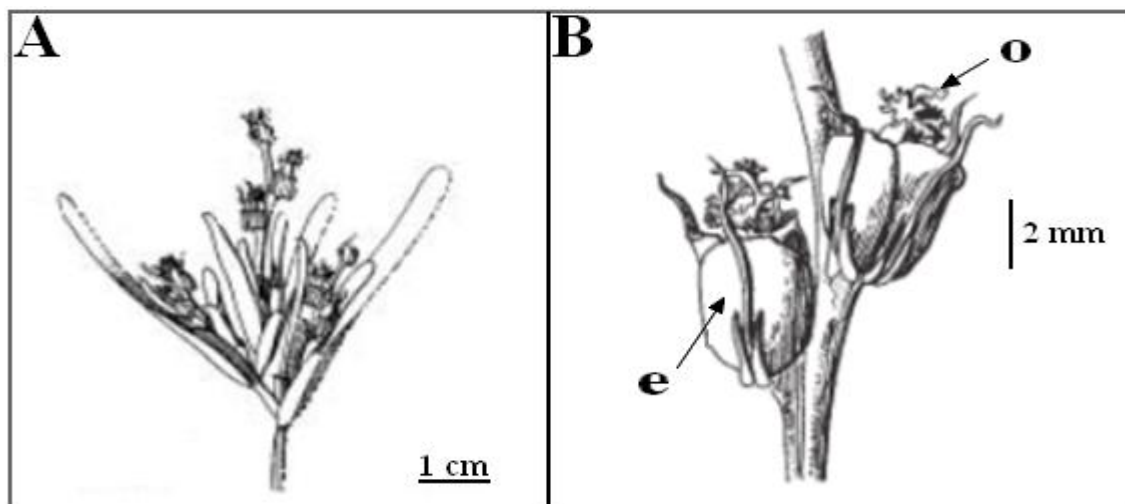


Figure 7 : Inflorescence de *Posidonia oceanica* (A). Fleurs de *Posidonia oceanica* (B). Les étamines (e) sont situées à l'extérieur ; on aperçoit le sommet de l'ovaire doté de denticulations susceptibles d'accrocher le pollen filamenteux (o) (d'après Den Hartog, 1970).

La fécondation donne naissance à des fruits, qui se détachent de la plante à maturité, au printemps (6 à 9 mois de maturation). Ces fruits ont la forme et la dimension d'une « olive » ; leur couleur est vert foncé puis brun foncé à noir (Fig. 8). Ils contiennent une seule graine. Ces fruits flottent un certain temps. Selon l'orientation des courants, ils s'échouent sur la plage ou ils s'ouvrent libérant la graine qui coulera vers le fond, où elle germera, sans période de dormance, si les conditions du substrat sont favorables (Den Hartog, 1970 ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Caye et Meinesz, 1984 ; Cinelli *et al.*, 1995). Bien que de jeunes plantes issues de graines aient déjà été observés *in situ*, un grand nombre de fruits de *Posidonies* avortaient (Acunto *et al.*, 1996 ; Piazzini *et al.*, 1996 ; Balestri *et al.*, 1998 ; Gambi et Guidetti, 1998 ; Piazzini *et al.*, 1999) . En effet, selon Balestri et Cinelli (2003), pour produire un seul fruit mature viable de *Posidonia oceanica*, 12 ou 13 inflorescences seraient nécessaires. C'est le facteur température, qui est le plus souvent cité comme facteur limitant pour cette floraison. La reproduction sexuée n'aboutit que rarement à l'installation de nouveaux individus en milieu naturel, de telle sorte que la reproduction asexuée (végétative) par bouturage constitue le mode de reproduction privilégié de l'espèce (Molinier et Picard, 1952 ; Meinesz *et al.*, 1992 ; Procaccini et Mazzella, 1996). La reproduction végétative se fait par la multiplication et la croissance des rhizomes orthotropes et plagiotropes. Ce processus est particulièrement lent ; le rhizome orthotrope croît d'environ un centimètre au cours d'un an et le rhizome plagiotrope augmente de 3,5 à 7,5 cm par an (Cinelli *et al.*, 1995). Une reproduction par viviparité a été récemment observée par Ballesteros *et al.*, (2005) à l'île de Formentera (Espagne).



Figure 8 : Fruits de *Posidonia oceanica* (« olives de mer »). Début de fructification (A). Fruits mûrs (flèche) (B) (d'après Lafabri, 2007).

I.2. Les organismes épiphytes associés à *Posidonia oceanica*

Harlin (1980), définit les épiphytes comme des organismes qui se développent et vivent sur une plante et ce, qu'il existe ou pas des relations d'ordre nutritionnel les unissant. Des centaines d'espèces animales et végétales appartiennent à la communauté épiphyte des feuilles de Posidonies. Cette importante biomasse, varie selon la période de l'année, l'âge de la feuille, la partie de la feuille considéré (il existe plus d'épiphytes sur les parties les plus âgées), la face de la feuille (nombre plus important sur la face interne) et la profondeur (Lepoint *et al.*, 2000a). Ces épiphytes représentent une partie très importante de la biomasse totale des feuilles de Posidonies et participent activement à la production primaire totale de son écosystème (Mazzella *et al.*, 1995). Une importante couverture épiphytique peut poser problème à la plante, puisque la lumière indispensable au bon fonctionnement de la photosynthèse, atteint alors plus difficilement la surface foliaire (Howard, 1982). Cependant, il semble que, dans des conditions normales (par exemple, sans phénomène d'eutrophisation qui augmente de manière importante la croissance des épiphytes.), les gains en carbone de la Posidonie ne sont pas trop diminués (Alcoverro *et al.*, 2004).

Les bactéries sont les premiers organismes à s'installer sur les feuilles de *Posidonia oceanica* qui commencent à croître (Gu *et al.*, 1996 ; Törnblom et Søndergaard, 1999). Elles entraînent, avec d'autres organismes arrivant un peu plus tard comme les diatomées, la création d'un Biofilm (appelé aussi feutrage épiphytique) (Fig. 9). Selon Novak (1984) ; Il existe une différence entre les communautés bactériennes présentes sur les parties les plus jeunes de la feuille et celles présentes sur les parties les plus vieilles, avec une majorité localisées sur la partie, la plus jeune (au niveau de la base), des feuilles les plus vieilles.

Comme les bactéries, les diatomées (Fig. 9) font également partie des premiers organismes à s'installer sur les feuilles de *Posidonia oceanica*. On observe une zonation dans leurs abondances au niveau des feuilles. En effet, les diatomées sont plus abondantes sur les feuilles matures et au niveau des extrémités, alors que contrairement aux bactéries ; leur abondance est faible au niveau des parties les plus jeunes (Pête, 2005).

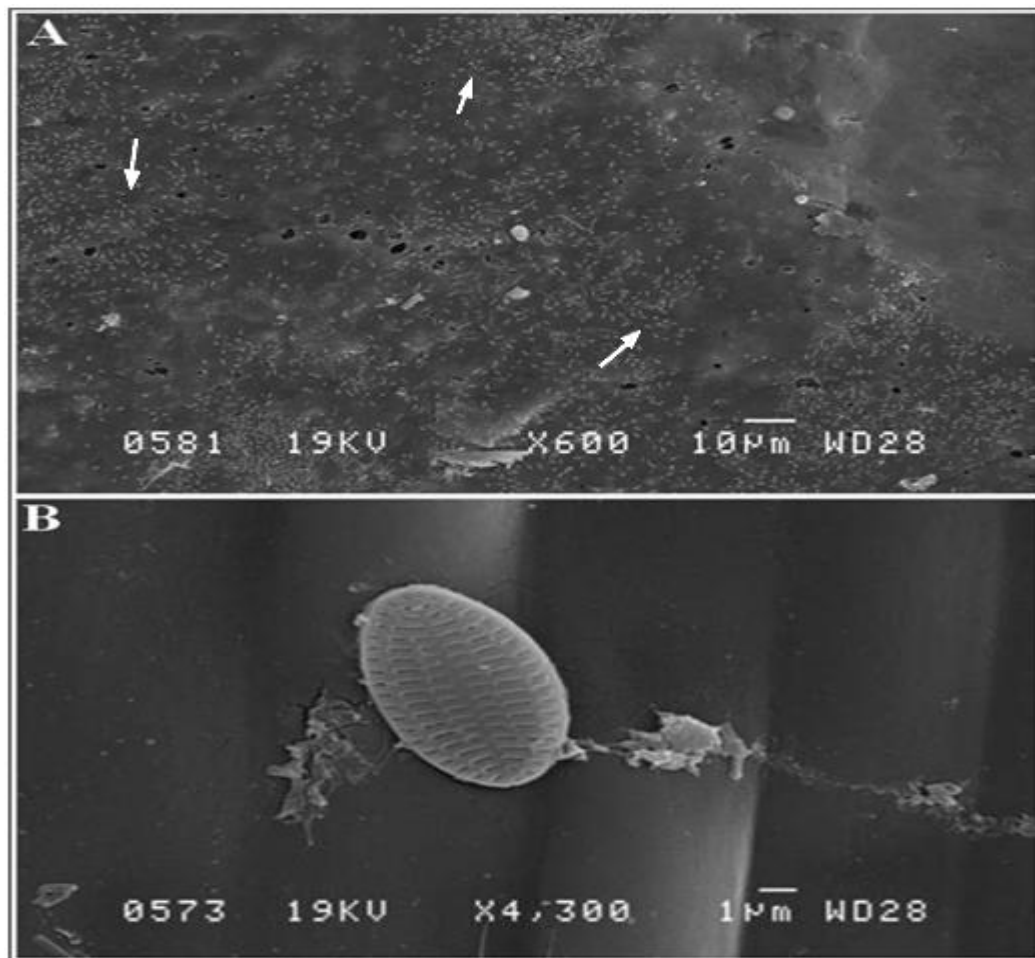


Figure 9 : Biofilm présent sur les feuilles de *Posidonia oceanica*. Biofilm bactérien constitué de bactéries du genre *Bacillus* (flèches), sur une feuille de Posidonie prise au microscope à transmission électronique (Gr : x600) (A). Diatomée du genre *Cocconeis*, sur une feuille de Posidonie prise au microscope électronique à balayage (Gr : x4300) (B) (d'après Pête, 2005).

Les macro-algues dominent la communauté épiphyte de zones les moins profondes des herbiers de Posidonies. Elles se situent surtout au niveau de la zone apicale des feuilles, cette position apicale est compréhensible puisque c'est à cet endroit que la lumière atteint le plus facilement les feuilles et que les effets de la sédimentation se font le moins sentir. De plus, cette zone est constamment en mouvement qui est généré par les courants. Ce qui constitue un avantage pour l'absorption des nutriments nécessaires à leur croissance (Mazzella *et al.*, 1995 ; Trautman et Borowitzka, 1999). La partie basale des feuilles de *Posidonia oceanica* est faiblement colonisée, alors que la partie centrale est majoritairement colonisée par des algues brunes encroûtantes et des algues rouges. On retrouve, ces mêmes algues en associations avec d'autres au niveau de la zone apicale (Mazzella *et al.*, 1995).

Les principales macro-algues que l'on rencontre sur les feuilles de *Posidonia oceanica*, sont des corallinacées (Rhodophycée) encroûtantes, ainsi que l'algue brune encroûtante *Ascocyclus*

orbicularis. Le pourcentage de couverture de ces algues, augmente avec la distance par rapport à la ligule et elles constituent une espèce de tapis sur lequel d'autres algues épiphytes (algues dressées) pourront se développer. Les feuilles de Posidonies constituent également un habitat privilégié pour certaines algues très photophiles, que l'on trouve principalement dans des zones situées entre 0 et 10 m de profondeur, telles que les phéophycées *Myrionema orbiculare*, *Castagnea cylindrica*, *Castagnea irregularis* et *Giraudia sphacelarioides*. Des chlorophycées et des cyanophycées peuvent également être observées mais leur abondance est moindre (Boudouresque et Meneisz, 1982 ; Mazzella et Russo, 1989 ; Mazzella *et al.*, 1995 ; Lepoint *et al.*, 2000a ; Piazzini *et al.*, 2000 ; Jacquemart, 2003 ; Procaccini *et al.*, 2003).

La faune épiphyte des feuilles de Posidonies est constituée d'un grand nombre d'organismes différents. On peut notamment y rencontrer des ciliés, des foraminifères tel que *Quinqueloculina sp* et *Cibicides sp*, des nématodes, des polychètes tel que *Spirorbis sp* et *Pomatoceros sp*, des tuniciers (principalement coloniaux), des bryozoaires tel que *Electra Posidoniea* (Fig. 10), *Lichenopora radiata* et *Chorizopora brognartii*, ainsi que des hydrozoaires tel que *Plumularia obliqua*, *Aglaophenia harpago* et *Sertularia perpusilla* (Novak, 1984 ; Aladro-Lubel et Martínez Murillo, 1999). Ces deux derniers groupes sont d'ailleurs les groupes dominants de l'épifaune des feuilles de Posidonies, auxquels sont parfois ajoutés les foraminifères (Chimenz *et al.*, 1989).

Bien que dominée par la flore épiphyte dans les régions de faibles profondeurs (seulement un tiers de la biomasse épiphytisme entre 0 à -10 m de profondeur), la faune épiphyte peut représenter plus de 50 % de la biomasse totale des épiphytes dans les régions les plus profondes, où peu d'algues se développent (Lepoint *et al.*, 2000a).

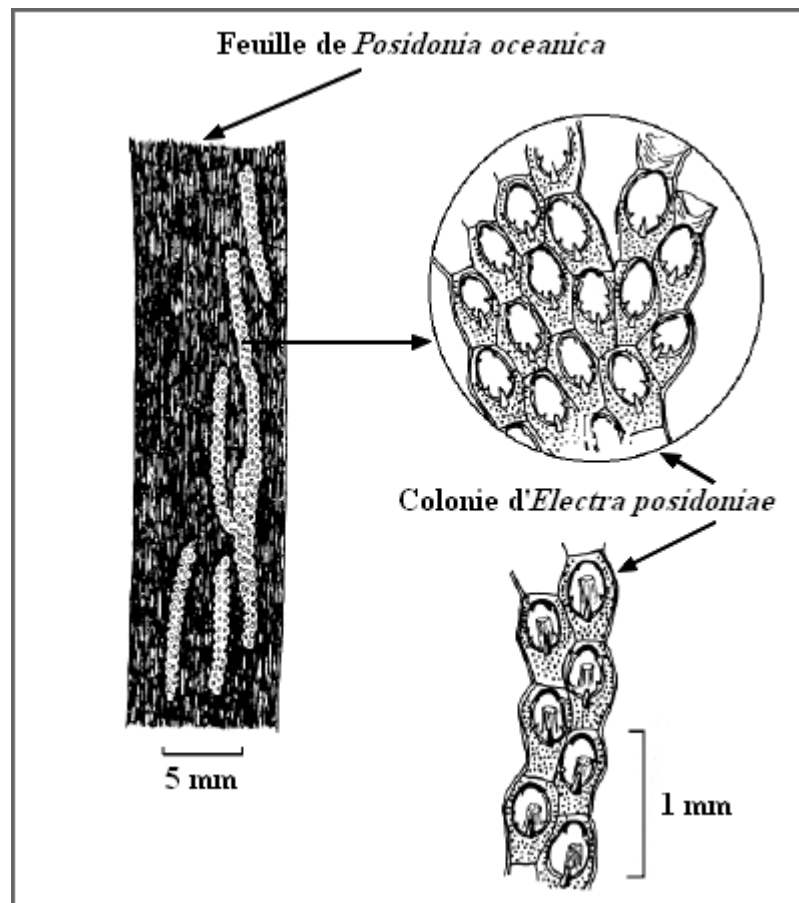


Figure 10 : Colonie du Bryzoaire épiphyte *Electra posidoniae*, sur une feuille de *Posidonia oceanica* (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982).

I.3. Structure des herbiers à *Posidonia oceanica*

Les herbiers de Posidonies sont des formations caractéristiques du littoral Méditerranéen (Fig. 11). Ils occupent une surface comprise entre 25000 et 50000 km², soit 1 à 2% des fonds de la Méditerranée (Pasqualini *et al.*, 1998 ; Gobert *et al.*, 2006). Ce sont de grandes prairies sous-marines constituées à partir de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* et dont la formation nécessite un substrat préalablement préparé par d'autres végétaux. Il se produit en fait une véritable succession écologique qui aboutit à une communauté climacique dominée par la Posidonie. Cette succession peut avoir lieu, aussi bien, sur du sable que sur un substrat vaseux ou, plus rarement, sur substrat dur (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Cinelli *et al.*, 1995).

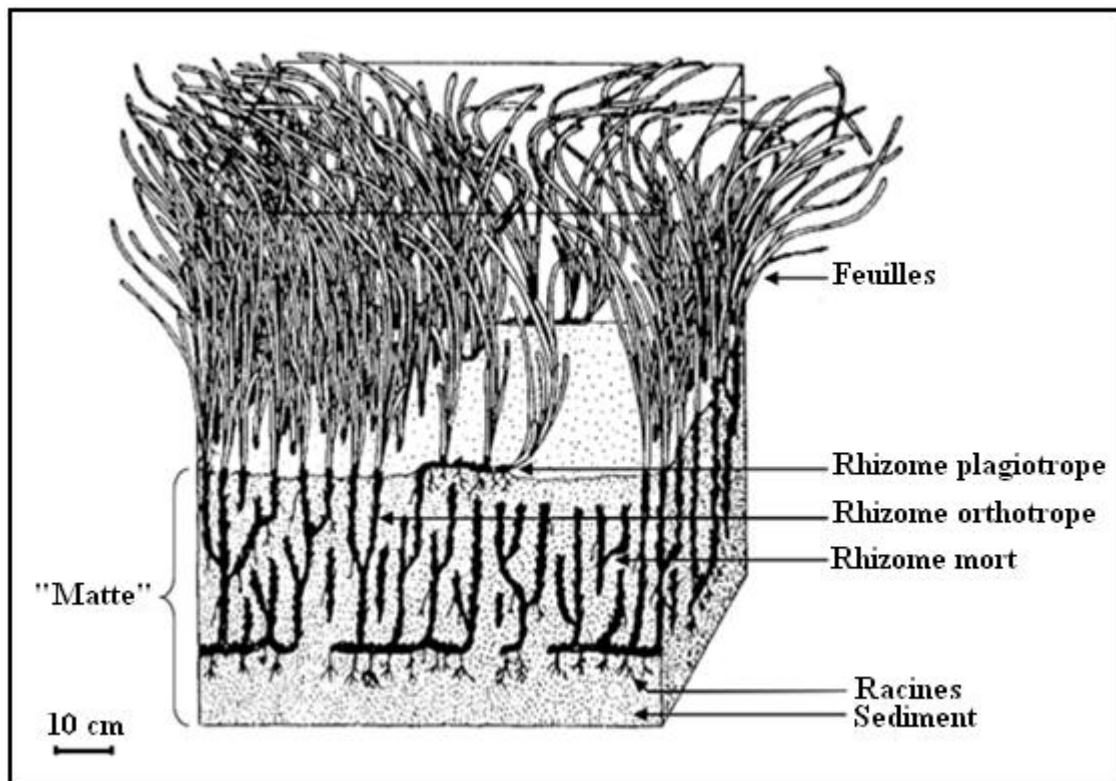


Figure 11 : Représentation schématique d'un herbier de Posidonies (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982).

On peut considérer l'herbier à *Posidonia oceanica* comme une juxtaposition de 3 compartiments interconnectés: la canopée (ou strate foliaire), les rhizomes (auxquels est éventuellement associées la litière de Posidonies, constitué de feuilles mortes de Posidonies et de déchets de macroalgues), et la matte (parfois appelée système rhizomes/racines). Ces trois compartiments offrent un ensemble de micro-habitats très diversifié, qui supporte une grande diversité faunistique et floristique (Kikuchi, 1980). L'herbier à *Posidonia oceanica* est constitué généralement de quatre biotopes: l'herbier sur matte; les inter-mattes, les tombants de mattes et la litière (Fig. 12). **La matte** de l'herbier (voir Chapitre I partie I.1.4.1.) constitue un édifice structural original (Molinier et Picard, 1952), qui peut être érodée par l'hydrodynamisme. En effet, lorsque les herbiers superficiels sont directement attaqués par les vagues et la houle, de nombreux rhizomes sont arrachés créant ainsi **les inter-mattes et les chenaux** (Blanc, 1958). **Le tombant de matte**, est l'épaisseur de la matte qui est observée au niveau de l'inter-matte et qui peut varier en fonction de l'érosion plus ou moins importante provoquée par l'hydrodynamisme. Les tombants de mattes constituent donc la pente verticale de la matte de l'herbier à *Posidonia oceanica* (In Mezali, 2008). **La litière** est l'ensemble du matériel végétal détaché de la plante et présent à la surface du sédiment marin entre les rhizomes de Posidonies ou sur les inter-mattes de l'herbier. Cette litière

est constituée de feuilles mortes de *Posidonies*, des algues libres ou fixées aux feuilles mortes et de fragments de rhizomes (Francour, 1990).

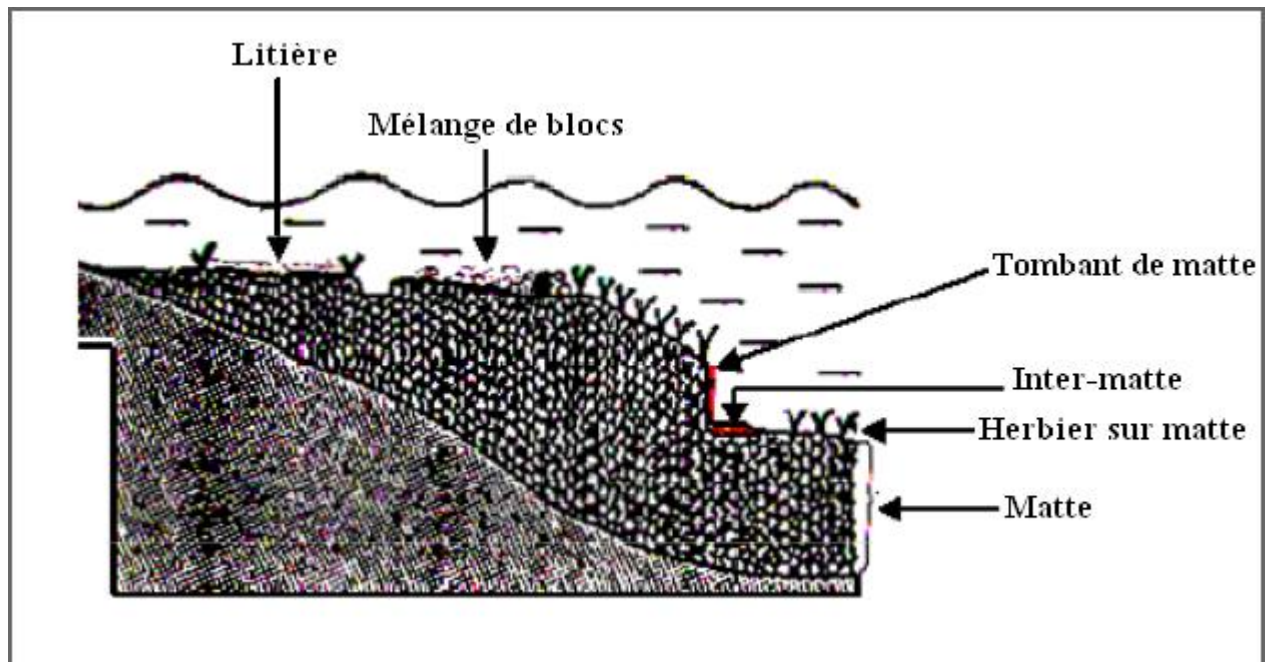


Figure 12 : Schématisation des différents biotopes de l'herbier à *Posidonia oceanica* (d'après Mezali, 2008).

Les feuilles et les rhizomes de *Posidonia oceanica* sont le support de toute une flore et une faune d'organismes dont certains sont calcifiés. A leur mort, leurs restes tombent sur place, constituant un sédiment autochtone (débris de tests ou de piquants d'oursins, de coquilles de Mollusques, de Corallinaceae, etc...). Par ailleurs, les feuilles de *Posidonia oceanica*, par leur densité (jusqu'à 1000/m² près de la surface) et leur disposition, diminuent la vitesse du courant; les particules sédimentaires transportées par l'eau voient leur énergie cinétique diminuer et tombent alors sur le fond (sédiment allochtone) (Pergent *et al.*, 1995 ; Boudouresque *et al.*, 2006).

Même en l'absence de sédimentation, la croissance en hauteur des rhizomes est possible (la *Posidonie* est même capable d'accélérer cette croissance) ; cela pour résister à l'ensevelissement, (Jeudy De Grissac et Boudouresque, 1985 ; Boudouresque *et al.*, 1994b). Les rhizomes, les écailles et les racines sont peu putrescibles et se conservent donc, à l'intérieur de la matte, pendant plusieurs siècles ou millénaires (Boudouresque *et al.*, 1980d ; Boudouresque et Jeudy De Grissac, 1983).

Au cours du temps, la matte monte vers la surface. La montée de la matte peut amener l'herbier au voisinage de la surface. En mode battu, cette montée s'arrête à 1 ou 2 m sous la surface de l'eau. L'hydrodynamisme s'oppose en effet à la poursuite de cette élévation et détermine la formation d'une pénéplaine de matte morte. En mode calme, plus particulièrement au fond des baies, en

revanche, la montée de la matte peut se poursuivre jusqu'à la surface. Les feuilles s'étalent à la surface. Dans un premier temps, l'émergence de l'extrémité des feuilles se localise le long de la côte. On désigne cette formation sous le nom de récif-frangeant (Fig. 13). Par la suite, la poursuite de la montée de la matte élargit le récif-frangeant. Au sein du récif-frangeant, les feuilles et la faible profondeur gênent la circulation des eaux ; la température peut descendre en dessous (en hiver) ou s'élever au-dessus (en été) des limites de tolérance de *Posidonia oceanica* ; il en va de même de la salinité, lors des épisodes de pluie. Entre la côte et le front d'émergence de *Posidonia oceanica*, les Posidonies meurent ; il se forme ainsi un lagon (Fig. 13) (Molinier et Picard, 1952 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). Le front d'émergence de *Posidonia oceanica* constitue alors un récif-barrière (Fig. 13). Avec le temps, le récif-barrière progresse vers le large et le lagon s'élargit (Augier et Boudouresque, 1970a). La progression vers le large du récif-barrière a été estimée à 8-10 m par siècle. Dans le lagon, dont le fond est vaseux, deux Magnoliophytes marines à feuilles plus étroites et plus courtes que celles de *Posidonia oceanica* peuvent s'installer : *Cymodocea nodosa* et *Nanozostera noltii* (Boudouresque *et al.*, 2006).

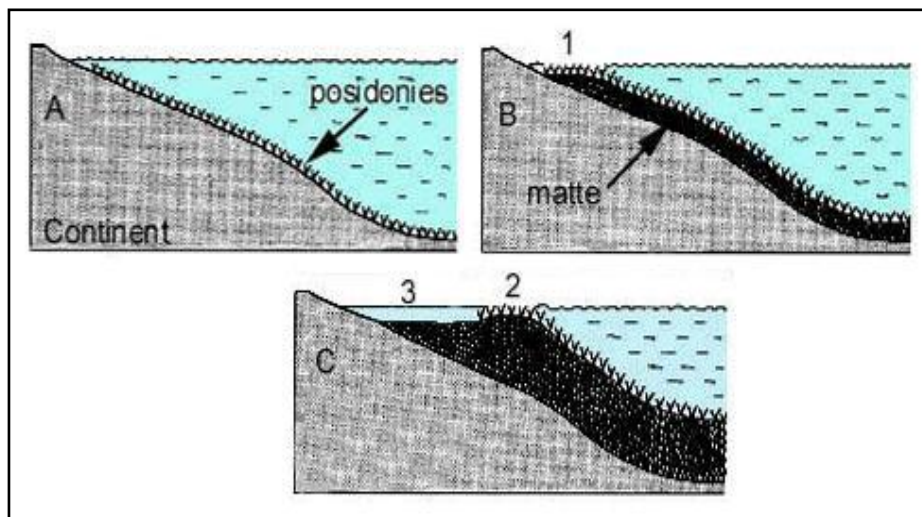


Figure 13 : Formation d'un récif barrière de *Posidonia oceanica*. 1 : Récif frangeant ; 2 : Récif barrière ; 3 : Lagon (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982).

I.4. Types d'herbiers à *Posidonia oceanica*

L'herbier à *Posidonia oceanica* peut se présenter sous différents types morphostructuraux qui sont liés à l'hydrodynamisme, aux courants et/ou à la température des eaux. Toutefois, ces types d'herbier ne semblent pas avoir d'influence sur la densité des faisceaux, la longueur des feuilles, le nombre de feuilles par faisceau ou la biomasse (Borg *et al.*, 2005).

La littérature identifie 07 types d'herbier à *Posidonia oceanica* : Herbier de plaine ; herbier de colline ; micro et macro atolls ; herbier en pain de sucre ; herbier en escalier ; herbier ondoyant et l'herbier tigré.

I.4.1. L'herbier de plaine

Ce type d'herbier est le plus courant en mer Méditerranée, tout particulièrement en Méditerranée occidentale. Il se présente sous la forme d'une prairie plus ou moins continue, horizontale ou en pente modérée, interrompue par des structures érosives (tombants de matte, intermattes érosives, intermattes déferlantes, rivières de retour) et des mattes mortes non érosives (intermattes structurelles) (Fig. 14) (Boudouresque *et al.*, 2006).

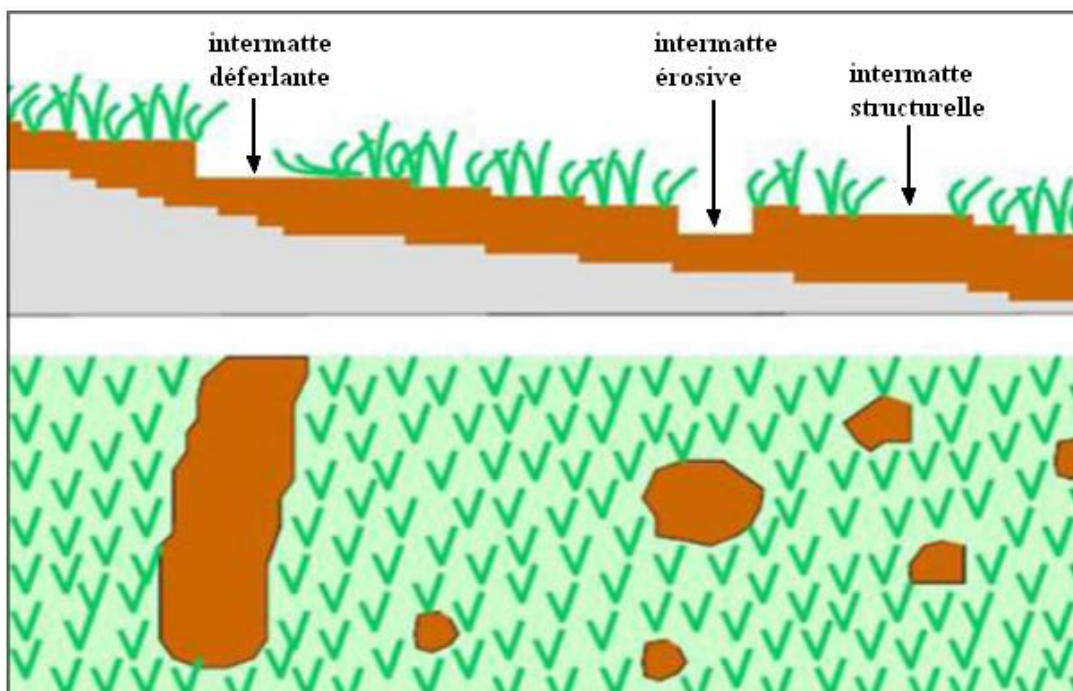


Figure 14 : Schéma de l'herbier de plaine. En haut, coupe perpendiculaire à la côte, montrant une intermatte déferlante, une intermatte érosive et une intermatte structurelle. En bas, vue du dessus des mêmes structures (d'après Boudouresque *et al.*, 2006).

I.4.2. L'herbier de colline

Ce type d'herbier est moins fréquent en méditerranée. Il se rencontre entre -15 et -30 m de profondeur, dans des secteurs où l'hydrodynamisme est important (Boudouresque *et al.*, 1985a). Dans ce type d'herbier, des boutures de *Posidonia oceanica* donnent naissance à des collines qui s'accroissent en largeur et en hauteur (Fig. 15). Les collines sont généralement entourées par du sable (Boudouresque *et al.*, 2006).

La croissance en hauteur des collines les expose à l'hydrodynamisme. A leur sommet, le sédiment de la matte se maintient mal et les rhizomes se déchaussent. Les rhizomes déchaussés sont

vulnérables, de telle sorte qu'une intermatte se forme. Avec le temps, cette intermatte s'élargit, jusqu'à ce que la colline soit entièrement (ou presque) détruite. La durée de vie d'une colline, entre sa naissance et sa destruction, serait de l'ordre d'un siècle. La destruction n'est pas toujours complète, une nouvelle colline peut naître des restes d'une ancienne colline (Boudouresque *et al.*, 1985a ; 1986a ; 2006).

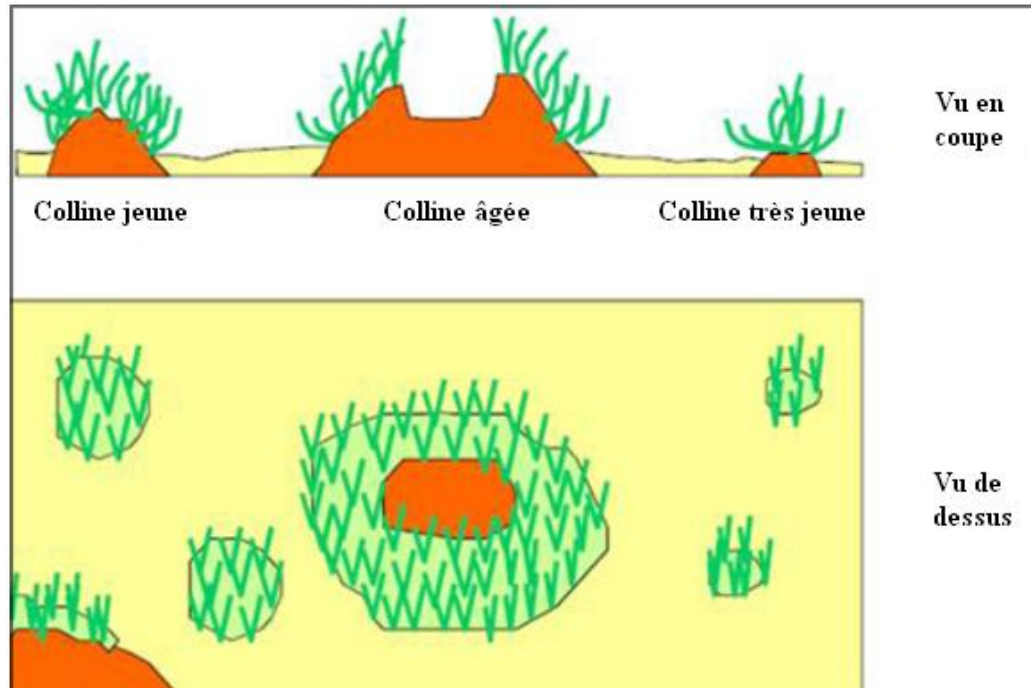


Figure 15 : Schéma de l'herbier de colline (d'après Boudouresque *et al.*, 2006).

I.4.3. Les micro et macro atolls

Ce type d'herbier est rarement observé, il est souvent associé à l'herbier tigré. Un micro-atoll est, à l'origine, une tache plus ou moins circulaire de *Posidonia oceanica*, de 3 à 6 m de diamètre qui se développent entre -0.5 et -2.5 m de profondeur (Pergent et Pergent-Martini, 1995). La Posidonie meurt au centre de la tache, tandis que celle-ci s'agrandit, grâce à des rhizomes plagiotropes, à sa périphérie, donnant ainsi naissance à une couronne de Posidonies (Fig. 16). Les macro-atolls ont été identifiés récemment en Libye avec un diamètre de plusieurs dizaines de mètres (Boudouresque *et al.*, 1990a ; Pergent *et al.*, 2007).

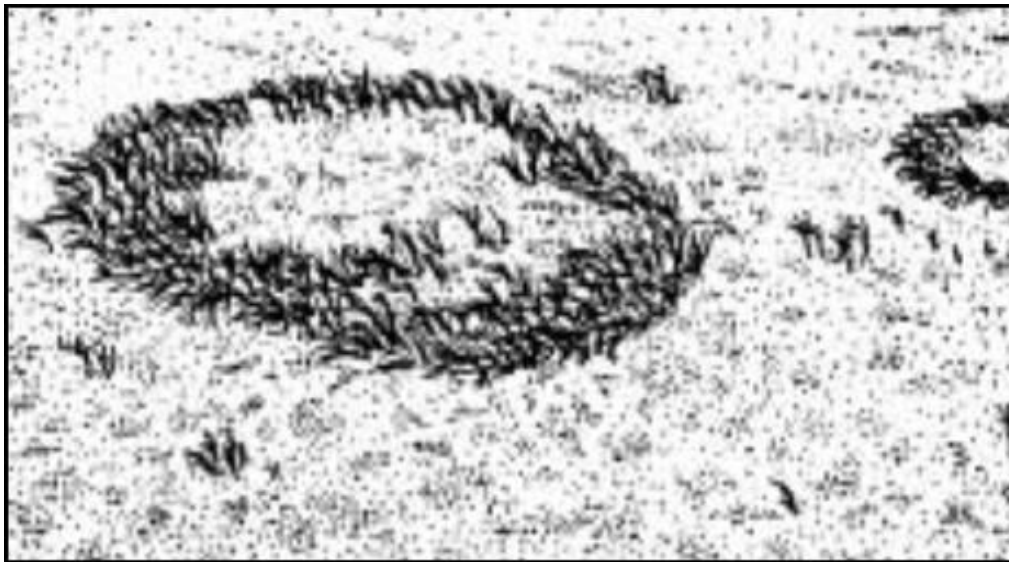


Figure 16 : Micro-atoll de *Posidonia oceanica* (d'après Boudouresque *et al.*, 1990a).

I.4.4. L'herbier en "pain de sucre"

Il a été décrit par Molinier et Picard (1954) en Tunisie. Au départ, il s'agit d'un herbier de plaine à faible profondeur. Sans doute en raison de la température de l'eau trop élevée, l'herbier meurt, à l'exception de taches plus ou moins circulaires. Ces taches continuent à monter vers la surface, en même temps que leur diamètre diminue, déterminant ainsi des pains de sucre caractéristiques (Molinier et Picard, 1954) (Fig. 17).

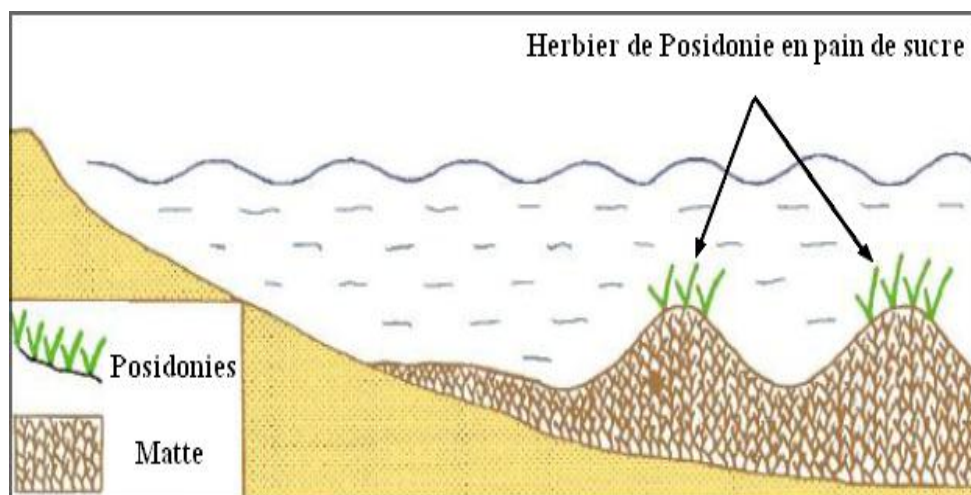


Figure 17 : Schéma de l'herbier à *Posidonia oceanica* en "pain de sucre" (d'après Boudouresque *et al.*, 2006).

I.4.5. L'herbier en escalier

L'herbier en escalier se développe sur des substrats durs en pente relativement forte, parcourus par des courants de fonds descendants. Le fonctionnement est similaire à celui de l'herbier tigré. Des

bandes d'herbier, parallèles entre elles, larges de 0.5 à 3 m, remontent la pente, contre le courant descendant. Du côté amont de chaque marche d'escalier, des rhizomes plagiotropes progressent, à la vitesse moyenne de 10 cm/an, du côté aval, le courant érode le tombant de la marche (Boudouresque *et al.*, 2006) (Fig. 18).

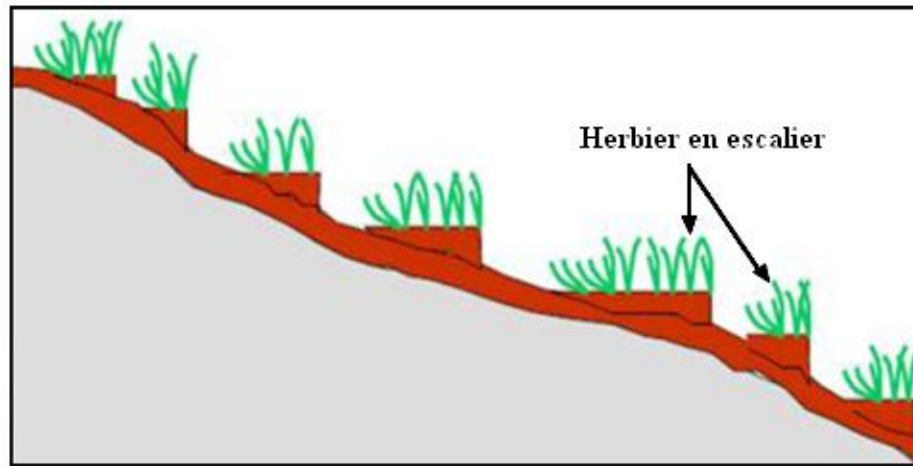


Figure 18 : Schéma de l'herbier en escalier (d'après Boudouresque *et al.*, 2006).

I.4.6. L'herbier ondoyant

L'herbier ondoyant se développe vers la limite inférieure de la Posidonie, entre -25 et -40 m de profondeur, sur substrat subhorizontal (Clairefond et Jeudy De Grissac, 1979). Il a toutefois également été observé à faible profondeur (El Asmi-Djellouli *et al.*, 2000). Ce type d'herbier est caractérisé par des bandes d'herbier larges (jusqu'à une dizaine de mètres), parallèles entre-elles et anastomosées, en très léger relief, séparées par des bandes de sable recouvrant (éventuellement) de la matre morte, parallèles entre elles également (Boudouresque *et al.*, 2006) (Fig. 19).

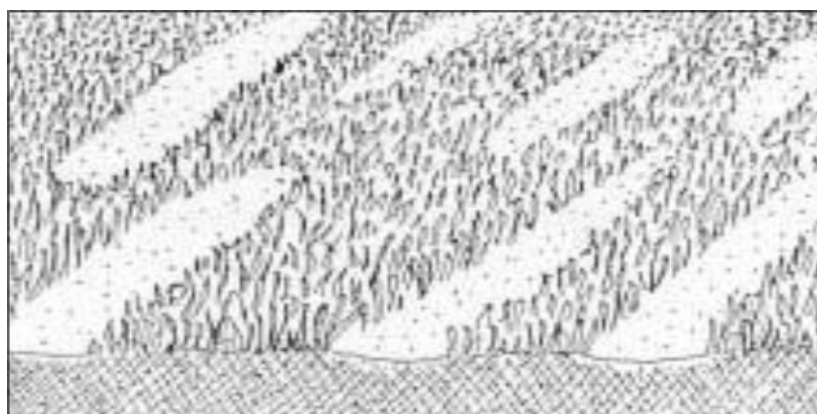


Figure 19 : Coupe et vue en perspective d'un herbier ondoyant à *Posidonia oceanica* (d'après Bonhomme *et al.*, 1999).

I.4.7. L'herbier tigré

L'herbier tigré (Fig. 20) correspond à des bandes d'herbier à *Posidonia oceanica* de 1 à 2 m de largeur sur plusieurs dizaines de mètres de longueur, séparées par de la matte morte occupée par un peuplement à *Cymodocea nodosa* et/ou *Caulerpa prolifera* (Chlorobionte, Plantae). Les bandes d'herbier se déplacent parallèlement à elles-mêmes, contre le courant dominant, à une vitesse moyenne de 10 cm/an. En coupe transversale, une bande d'herbier comporte d'un côté un front de rhizomes plagiotropes, qui progresse sur la matte morte, une pente douce en arrière du front, et un petit tombant érosif au niveau duquel la bande se détruit (Boudouresque *et al.*, 1985b ; Boudouresque *et al.*, 1990a).



Figure 20 : Vue aérienne d'un herbier tigré, dans le golfe de Gabès (Tunisie) (d'après Blanpied *et al.*, 1979).

I.5. Fonctionnement de l'écosystème à *Posidonia oceanica*

I.5.1. Production primaire

Les herbiers à *Posidonia oceanica* sont des écosystèmes à deux compartiments producteurs primaires principaux ; le premier producteur primaire n'est autre que la Posidonie elle-même, tandis que les algues épiphytes correspondent au second (Matéo *et al.*, 2006 ; Borowitzka *et al.*, 2006). A l'échelle planétaire, seuls les écosystèmes à phanérogames marines présentent cette particularité (Boudouresque *et al.*, 2006).

La production primaire issue de *Posidonia oceanica* est riche en cellulose et en lignine, composés peu utilisables par les herbivores, et en composés phénoliques, dont l'un des rôles est de dissuader les consommateurs potentiels (Piovetti *et al.*, 1984). La production primaire nette de *Posidonia oceanica* est en moyenne de 420 g MS/m²/an, et peut dépasser 1300 g MS/m²/an ; elle diminue en fonction de la profondeur et peut varier en fonction des stations (Tab. 1) ; sa quantité exportée vers les rhizomes est de 16 à 170 g MS/m²/an, alors que celle exportée vers les racines est de 10 à 130 g

MS/m²/an (Mazzella et Ott, 1984 ; Romero-Martinengo, 1985 ; Pergent *et al.*, 1994 ; Pergent-Martini *et al.*, 1994 ; Pergent *et al.*, 1997b ; Romero, 2004a).

La production primaire issue des épiphytes des feuilles est constituée par des Chromobiontes et Rhodobiontes très palatables, et donc facilement utilisables par les herbivores ; elle est comprise entre 100 et 500 g MS/m²/an (Giorgi et Thélin, 1983 ; Mazzella et Ott, 1984). La contribution à la production primaire due aux épiphytes végétaux peut varier de 20 à 60 % du total de la production de cet écosystème, suivant le type de communauté. Les macro-algues épiphytes dominent la communauté épiphyte des zones les moins profondes, eux seuls peuvent contribuer à 40 % de la biomasse totale de la plante et à 27 % de la production primaire de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (Mazzella *et al.*, 1995 ; Lepoint *et al.*, 1999 ; Marbà *et al.*, 2006).

Tableau 1 : Production primaire nette épigée et endogée de *Posidonia oceanica* (d'après Gobert, 2002).

Site	Profondeur (m)	Production épigée (gMS/m ² /an)	Production endogée (gMS/m ² /an)	Références
Saronikos (Grèce)	5	1600	-	Panayotidis et Simboura, 1989
Ischia (Italie)	10 à 12	370 à 570	42	Pergent et Pergent-Martini, 1991
Calvi (Corse)	10	603	34	Bay, 1984
Méditerranée (Corse, France, Sardaigne, Turquie)	0 à 32	126 à 1231	4 à 66	Pergent-Martini <i>et al.</i> , 1994
Estimation moyenne	5	880	84	Duarte et chiscano, 1999
	15	415 (Production totale)		Rico-Raimondino, 1995

I.5.2. Devenir de la production primaire

Posidonia oceanica est en partie constituée de matières carbonées très réfractaires telle la lignine et des corps phénoliques rendant difficile et peu avantageuse l'assimilation des feuilles et rhizomes par les animaux (Matéo *et al.*, 1997 ; Agostini *et al.*, 1998). En Méditerranée nord occidentale, il existe essentiellement deux macro-consommateurs des feuilles de Posidonies ; l'un est le poisson *Salpa salpa* (saupe) et l'autre l'oursin *Paracentrotus lividus* (Pergent *et al.*, 1997b ; Gobert, 2002).

Romero (2004a) estime que 5 à 10 % de la production primaire des feuilles de *Posidonies* est transférer vers les herbivores (Fig. 21). Les épiphytes sont la cible de plus de consommateurs, tels divers groupes de polychètes, mollusques, isopodes, amphipodes, décapodes et gastéropodes (Gambi *et al.*, 1992). Selon Pergent *et al.* (1997b), il n'est pas rare de retrouver des morceaux de feuilles de *Posidonies* peu digérés dans les fèces provenant d'un banc de saupes ; de même *Paracentrotus lividus* semble préférer les feuilles épiphytées aux autres (Traer, 1979). Ceci tend à montrer que la cible des herbivores serait peut être plus les épiphytes que les feuilles de *Posidonies* elles-mêmes. Des fragments de feuilles de *Posidonies* ont été également retrouvés dans le contenu digestif de certaines holothuries aspidochirotés (Mezali *et al.*, 2003).

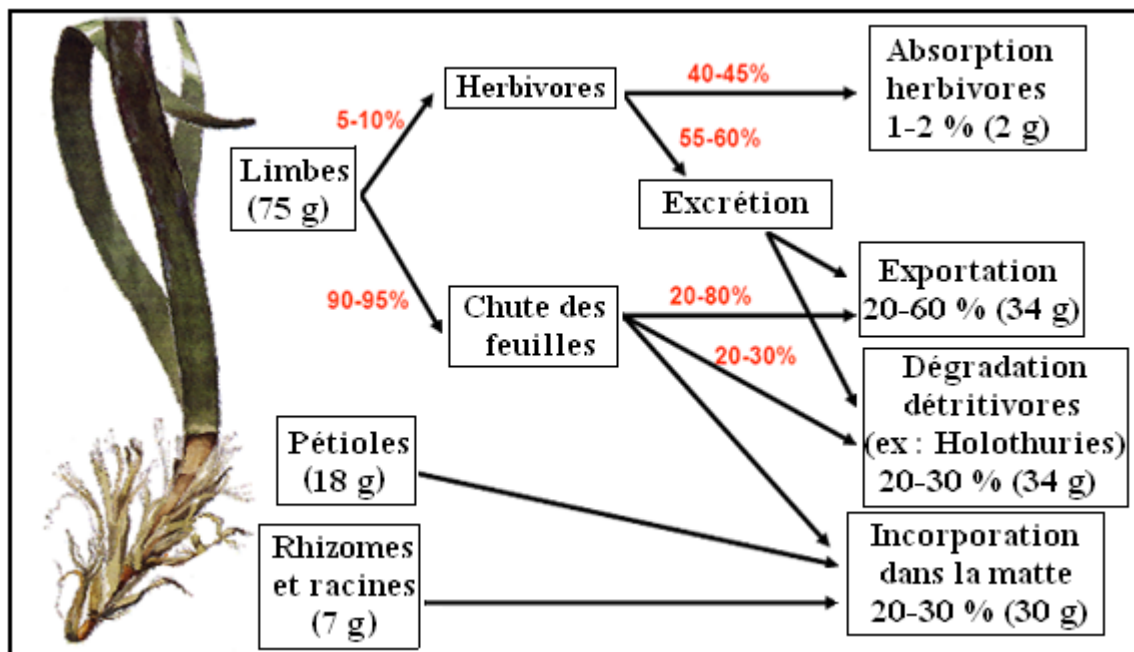


Figure 21 : Exemple de destin de production primaire de *Posidonia oceanica* à partir de 100 g de matière sèche d'un faisceau (d'après Romero, 2004a, modifiée). Pourcentage rouge : Pourcentage de production primaire transférer d'un compartiment à l'autre ; Pourcentage noire : Pourcentage de production primaire transférer à partir de 100 g de matière sèche du faisceau de *Posidonie*.

La matre (Fig. 4 ; Fig. 11) est un ensemble de matière organique de diverses origines, mais essentiellement composée de rhizomes, racines et de feuilles de *Posidonies*. C'est-à-dire de matières carbonées très réfractaires, le tout compacté dans un ciment calcaire d'origine biogène. Malgré une forte activité bactérienne dans les premiers millimètres de la matre, une partie importante du carbone organique inclus dans celle-ci va se trouver séquestrée pour des millénaires. La matre apparaît clairement comme un puits de carbone et de nutriment (Romero *et al.*, 1994 ; Boudouresque, 1996 ; Pergent *et al.*, 1997b ; Matéo *et al.*, 1997 ; Matéo *et al.*, 2006).

Suivant les sites, près de 30 % du carbone organique, provenant de la production primaire de l'écosystème à *Posidonia oceanica*, se retrouvent piégés au sein de la matre pour un très long terme (Boudouresque, 1996 ; Pergent *et al.*, 1997b ; Matéo *et al.*, 1997 ; Matéo *et al.*, 2006).

Lorsque les feuilles de *Posidonia oceanica* tombent, elles participent à l'accumulation de débris qui forment ce que l'on appelle "la litière" (Fig. 12). Cette litière est composée de débris de feuilles, de particules organiques et minérales provenant de la colonne d'eau, des fèces des animaux vivants ou passant dans l'herbier. La litière est, donc, la voie détritvire est sans aucun doute la voie principale de transfert d'énergie vers la production secondaire dans les communautés à phanérogame marine, mais aussi pour les écosystèmes adjacents (Pergent-Martini *et al.*, 1992b ; Romero *et al.*, 1992 ; Cebrian et Duarte, 2001 ; Matéo *et al.*, 2006). Les feuilles sénescents sont soumises à une dégradation tant physique (par la houle et les courants) que biologique notamment par la communauté microbienne. Le début de la chaîne détritvire est représenté par des oursins (e.g. *Psammechinus microtuberculus* et *Sphaerechinus granulif*), des crustacés amphipodes (e.g. *Atylus guttatis*, *Melita palmata* et *Gammarella fucicola*), des isopodes (e.g. *Zenobiana prismaticula*) ou des crabes (*Sirpus zariquieyi* et *Pisa sp.*). Ces animaux vont fractionner les feuilles, ce qui facilitera leurs ingestion par tout un ensemble d'autres d'animaux. De plus, ce fractionnement facilitera l'exportation de la matière organique vers les écosystèmes contigus. En fin de chaîne trophique, des animaux tels les holothuries (*Holothuria tubulosa*) et les ophiures (*Ophiura textura* et *Ophiderma longicauda*) vont aussi participer à la dégradation de la matière organique (Lepoint *et al.*, 2000b ; Vizzini *et al.*, 2002). La reminéralisation de la matière organique est enfin de compte assurée surtout par les micro-organismes (Fig. 22), aussi bien par les Fungi que par les bactéries. Cette décomposition est lente, d'autant plus à basse température, en profondeur et avec peu ou pas de courant. (Pergent *et al.*, 1994 ; 1997b). D'après Pergent *et al.*, (1994), après un mois à -20 m de profondeur, dans un environnement calme, seulement 11 % de la litière sera décomposé, alors que 35 % disparaîtra à la même profondeur et pendant le même temps dans un emplacement plus agité. Dans le même endroit calme et après 6 mois, la dégradation est de 64 % à -5 m de profondeur et de 44% à -20 m de profondeur. Cette variation est clairement due au transport physique de la litière vers des communautés adjacentes. La décomposition des feuilles de Posidonies par les micro-organismes rend celles-ci plus digestes. De plus, les feuilles perdent progressivement lors de la dégradation leurs composants phénoliques. Ainsi, les feuilles mortes de Posidonies rentrent dans le régime alimentaire d'un plus grand nombre d'espèces que les tissus vivants (Buia *et al.*, 2000).

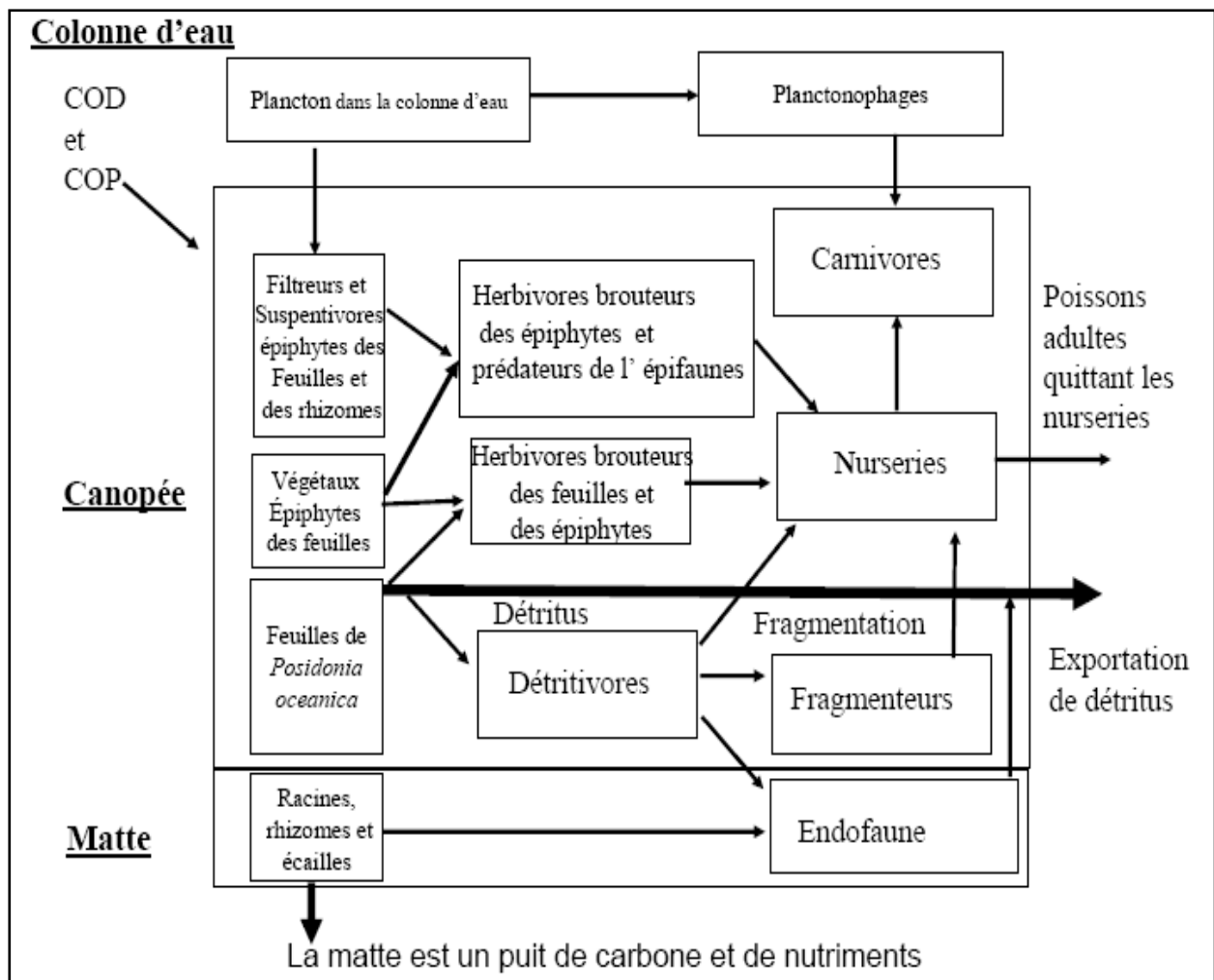


Figure 22 : Relations trophiques (simplifiées) au sein de l'herbier de posidonie (In Champenois, 2008).
COP : Carbone organique particulaire ; COD : Carbone organique dissous.

Des valeurs entre 24 et 60 % de la production primaire de *Posidonia oceanica* sont exportées de la litière vers d'autres écosystèmes (Fig. 21). Le contenu stomacal de *Paracentrotus lividus* se trouvant à plusieurs centaines de mètres d'un herbier de Posidonies peut comporter plus de 40 % de matière organique provenant de la litière (Pergent *et al.*, 1994 ; 1997b ; Cebrian et Duarte, 2001).

La litière de la Posidonie peut être retrouvée en grande profondeur ou sur les plages ; le dépôt de cette litière au niveau des plages est appelé "banquette" et peut avoir d'appréciable dimension. Il n'est pas rare de trouver des banquettes de plus d'un mètre de haut, de plusieurs mètres de large sur des étendues de plusieurs centaines de mètres de long (Matéo *et al.*, 2003). Le stockage dans les banquettes n'est que temporaire puisque après un certain temps, (qui peut varier de quelques semaines à quelques années), les banquettes se déstabilisent pour être ensuite emportées par les courants (Champenois, 2008).

De nombreux prédateurs se nourrissent des invertébrés de petite taille, qui vivent sur les feuilles de Posidonies, dans la litière ou dans la matte, tel que les étoiles de mer (*Echinaster sepositus* et *Asterina panceri*), le crustacé (*Palaemon xiphias*), les mollusques (*Chauvetia minima* et *Sepia officinalis*) et les poissons (*Coris julis*, *Diplodus annularis*, *Hippocampus guttulatus*, *Symphodus cinereus*, *S. doderleini*, *S. ocellatus*, *S. roissali* et *S. rostratus*, etc...) (Galan *et al.*, 1982 ; Templado-González, 1982 ; Chessa *et al.*, 1983 ; Ballesteros *et al.*, 1984 ; Fresi *et al.*, 1984 ; Lejeune, 1985 ; Harmelin-Vivien et Francour, 1992). L'oursin *Paracentrotus lividus* est consommé par l'étoile de mer *Marthasterias glacialis*, l'araignée de mer *Maja squinado* et les poissons *Coris julis*, *Diplodus vulgaris*, *D. sargus*, *Sparus aurata*, *Symphodus mediterraneus*, *S. roissali* et *S. tinca* (Savy, 1987 ; Boudouresque et Verlaque, 2001). Le grand mollusque bivalve *Pinna nobilis* est consommé par le poulpe *Octopus vulgaris* (De Gaulejac, 1989). Les prédateurs de poissons sont les rascasses *Scorpaena notata*, *S. porcus*, *S. scrofa*, les serrans *Serranus cabrilla* et *S. scriba* et le congre *Conger conger* (Harmelin-Vivien, 1984 ; Lejeune, 1985 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1989).

I.5.3. Biomasse

La biomasse végétale est très élevée, elle peut atteindre jusqu'à 1600 g MS/m² pour les feuilles de Posidonies, jusqu'à 470 g MS/m² pour les épiphytes des feuilles de Posidonies, jusqu'à 50 g MS/m² pour les épiphytes des rhizomes de Posidonies et jusqu'à 5500 g MS/m² pour les rhizomes, les écailles et les racines de Posidonies (Francour, 1990 ; Mazzella *et al.*, 1992b). Elle diminue avec la profondeur, puisqu'à -10 m la biomasse de la canopée est d'environ 600 g MS/m² (sur une année) et celle de l'ensemble rhizome et racine tourne autour de 2000 g MS/m² (sur une année) (Bay, 1984 ; Duarte et Chiscano, 1999 ; Gobert, 2002). La biomasse des épiphytes peut représenter jusqu'à plus de 30% de la biomasse de la canopée (Jacquemard, 2003). Aucun, autre écosystème marin (à l'exception de la mangrove) ne présente une biomasse végétale aussi élevée. Cela est dû au stockage de la biomasse, sur une longue période de temps, dans la matte. Ces caractéristiques sont des attributs habituellement associés aux écosystèmes forestiers continentaux. (Boudouresque *et al.*, 2006).

La biomasse animale de l'écosystème à *Posidonia oceanica* est considérablement plus faible que la biomasse végétale. Il s'agit également d'une caractéristique que partage cet écosystème avec ceux forestiers continentaux. Pour chaque groupe taxonomique ou compartiment trophique, les valeurs varient considérablement d'une station à l'autre et en fonction de la profondeur. Au total, la faune représente habituellement 150-300 g MS/m² ; dont, 2-180 g MS/m² pour les épiphytes des feuilles, 2-25 g MS/m² pour les poissons, 0.2 g MS/m² pour l'étoile de mer (*Marthasterias glacialis*), 3-6 g MS/m² pour les mollusques et crustacés vagiles, 2-33 g MS/m² pour les oursins

(principalement *Paracentrotus lividus* et *Psammechinus microtuberculatus*), 6-9 g MS/m² pour les holothuries (*Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa*) et 50-70 g MS/m² pour l'endofaune de la matre (Harmelin, 1964 ; Vadon, 1981 ; Harmelin-Vivien, 1982 ; 1983 ; 1984 ; Francour, 1984 ; Ballesteros, 1987 ; Francour et Paul, 1987 ; Francour, 1990 ; Harmelin- Vivien et Francour, 1992 ; Jiménez *et al.*, 1997).

Cet écosystème est exceptionnel à plus d'un titre puisqu'il est basé sur une double production primaire, qu'il y a présence d'une grande biomasse dans une mer particulièrement oligotrophe et qu'il existe un double système de puits de carbone, l'un à court terme (les banquettes) et l'autre à très long terme (la matre) (Champenois, 2008).

I.6. Importance de l'écosystème à *Posidonia oceanica*

Dès l'Antiquité, la Posidonie a été utilisée pour le carénage des bateaux, l'isolation thermique des maisons ou la confection de litières (Rico-Raimondino, 1995). Actuellement, son utilisation directe dans l'économie humaine a pratiquement disparu. Néanmoins, il apparaît clairement que son rôle dans le maintien des écosystèmes côtiers méditerranéens est crucial (Fig. 23). En effet, l'herbier à *Posidonia oceanica* est aujourd'hui considéré comme un des écosystèmes les plus importants, voir l'écosystème central de l'ensemble des espaces littoraux méditerranéens. Au même titre que la forêt en milieu terrestre, l'herbier à *Posidonia oceanica* constitue le climax d'une succession de peuplements et sa présence conditionne l'équilibre écologique de beaucoup de fonds littoraux méditerranéens (Boudouresque et Meinesz, 1982). Les principaux rôles des herbiers peuvent être résumés comme suit :

- L'herbier est le principal producteur primaire benthique de la Méditerranée (Romero, 1989b). A l'échelle de l'ensemble de la Méditerranée, Rico-Raimondino (1995) estime à 4 400 000 tonnes de carbone/an la production primaire de *Posidonia oceanica* (sans tenir compte de la production des épiphytes), et à 1 300 000 tonnes de carbone/an la part de cette production qui est stockée dans la matre ;
- Il s'agit d'un système abritant une très grande biodiversité, il est non seulement le producteur primaire mais, aussi, l'habitat de nombreuses espèces. L'herbier est une frayère, une nurserie et un lieu de vie pour plus de 400 espèces végétales et plusieurs milliers d'espèces animales, soit plus ou moins 20 % des espèces recensées en Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 2006) ;
- L'herbier se trouve à la base de nombreuses chaînes alimentaires, par la production de biomasse végétale et animale. Cette formidable production a pour effet d'attirer et de

concentrer une faune variée, souvent d'intérêt économique pour la zone littorale concernée (Bell et Harmelin-Vivien, 1982 ; Francour, 1990) ;

- L'herbier de *Posidonia oceanica* joue également un rôle fondamental dans la protection hydrodynamique de la frange côtière et des plages, par l'atténuation de 50 % de la puissance des vagues de la houle et des courants. Les fonds sableux sont ainsi stabilisés par la fixation des sédiments dans le lacs des rhizomes constituant la matre (Boudouresque et Jeudy De Grissac, 1983). Sans cette protection contre l'érosion, le profil d'équilibre des rivages sableux serait fortement modifié ;
- Une part non négligeable des feuilles de Posidonies tombées forme la litière qui peut être soit exportée vers les zones plus profondes ou piégée dans l'herbier. Dans les deux cas elles pourront être consommées par des détritivores. (Pergent *et al.*, 1997b ; Vizzini *et al.*, 2002) ;
- La formation des banquettes de Posidonies sur les rivages, protègent les plages de l'érosion, notamment lors des tempêtes hivernales. Leur maintien sur les plages apparaît comme un élément indispensable pour la protection du littoral. Leur retrait s'accompagne souvent d'un recul significatif du trait de côte (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Pasqualini *et al.*, 1997b) ;
- Les longues feuilles de Posidonies ralentissent le courant, ce qui a pour effet de diminuer la remise en suspension des sédiments piégés par la canopée et de ce fait, diminuer la turbidité de la colonne d'eau (Gacia et Duarte, 2001) ;
- L'herbier à *Posidonia oceanica* est responsable d'une importante production d'oxygène, qui peut atteindre 14 l/m²/j (Bay, 1978). Afin qu'elles puissent assurer les échanges gazeux et de nutriments au niveau des zones souterraines ; les racines de la Posidonie, maintiennent constamment une fine couche oxygénée autour d'elle, oxygénant par la même occasion le sédiment environnant (Romero *et al.*, 1992).

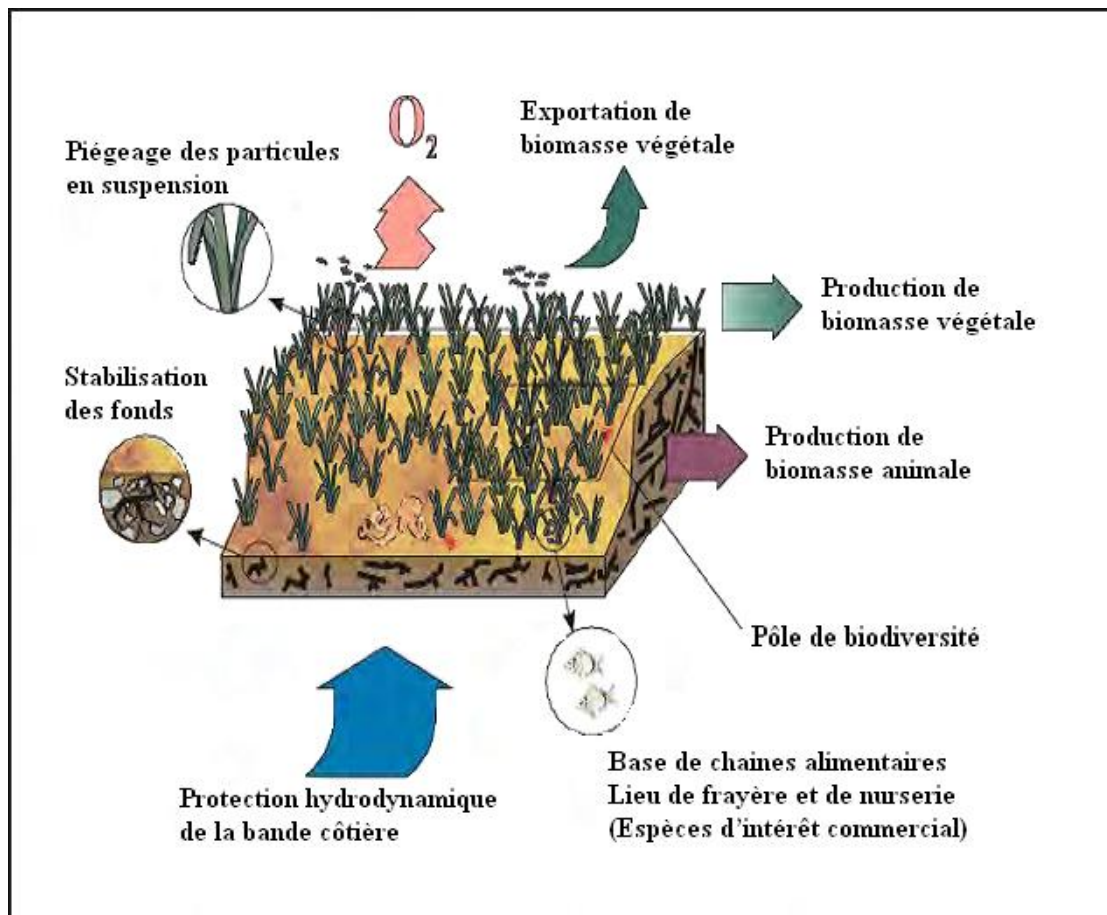


Figure 23 : Schématisation des principaux rôles de l'herbier de Posidonies dans l'équilibre écologique des fonds littoraux méditerranéens (d'après Charbonnel *et al.*, 2000b).

I.7. Utilisation de la Posidonie comme bioindicateur

En Méditerranée, l'herbier à *Posidonia oceanica* constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines (Augier, 1985 ; Pergent, 1991b ; Pergent *et al.*, 1995 ; Pergent-Martini *et al.*, 2005b). Très largement distribué sur tout le littoral, particulièrement réceptif à la pollution (Augier *et al.*, 1984a ; Bourcier, 1989) et aux agressions liées aux activités humaines (Meinesz et Laurent, 1978 ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Ardizzone et Pelusi, 1984 ; Tunesi et Boudouresque, 2006), solidaire du fond, il rend compte, par sa présence et sa vitalité (ou sa régression matérialisée par des mattes mortes), de la qualité des eaux qui dérivent au-dessus de lui. L'empreinte de la qualité des eaux sur les herbiers à *Posidonia oceanica* est permanente. Ainsi, de nombreux paramètres sont à même d'être enregistrés par l'herbier (Pergent, 2006) :

- Turbidité moyenne des eaux (matérialisée par la position de sa limite inférieure et par la densité des faisceaux) ;
- Courants et hydrodynamisme (matérialisés par les structures érosives qui affectent la matte) ;

- Taux de sédimentation (matérialisé par la vitesse de croissance des rhizomes et, en cas de déficit, par leur déchaussement) ;
- Polluants (concentration et mémorisation des teneurs au cours du temps) ;
- Dessalure au débouché de fleuves côtiers ou de nappes phréatiques (matérialisée par la disparition de l'herbier) ;
- Stress (matérialisé en particulier par la teneur de la plante en acides phénoliques et enzymes de détoxification) ;
- Matière organique et nutriments (matérialisés par les épiphytes des feuilles de Posidonies et la composition chimique de la plante).

Toutefois, si plusieurs de ces descripteurs sont à ce jour bien appréhendés (normalisation des mesures, grilles de qualité) et fournissent des informations fiables et reproductibles, pour d'autres, en revanche, le décryptage se poursuit (Pergent *et al.*, 1995). La concentration en polluants est l'un des descripteurs dont la standardisation est encore en cours, il est particulièrement très intéressant et à prendre en compte (Pergent-Martini et Pergent, 2000). En effet, comme de nombreuses magnoliophytes marines, *Posidonia oceanica* présente un fort pouvoir de concentration en éléments traces, proportionnel aux teneurs présentes dans le milieu (Augier, 1985 ; Capiomont *et al.*, 2000 ; Pergent-Martini et Pergent, 2000 ; Baroli *et al.*, 2001), et une bonne résistance à la contamination métallique (l'espèce persiste au voisinage de sources importantes). De plus, sa capacité à être maintenue en aquarium pour des expériences de contamination artificielle de courte durée (Ferrat *et al.*, 2002a) et surtout sa capacité à mémoriser, au sein de ses tissus les teneurs anciennes, alliées aux possibilités de datation offerte par la lèpidochronologie, ouvrent des perspectives uniques dans le suivi au cours du temps de la pollution et permettent de disposer de véritables archives biologiques à même de nous renseigner sur l'évolution temporelle d'une pollution (Calmet *et al.*, 1988 ; 1991 ; Carlotti *et al.*, 1992 ; Pergent-Martini, 1998 ; Pergent et Pergent-Martini, 1999).

I.8. Régression de l'herbier à *Posidonia oceanica*

Au cours du 20^{ème} siècle, et sans doute plus particulièrement depuis les années 1950, l'herbier à *Posidonia oceanica* a considérablement régressé, en particulier aux alentours des grands centres urbains et portuaires tel que : Barcelone (Espagne), Marseille, Toulon, Nice-Villefranche-sur-Mer (France), Gênes, Naples, Trieste (Italie), Athènes (Grèce), Alexandrie (Egypte), Gabès (Tunisie), etc... (Boudouresque, 1996 ; 2003). Il régresse en profondeur (remontée de la limite inférieure), aux profondeurs intermédiaires, mais aussi au niveau de sa limite supérieure. Pour l'ensemble de la Ligurie (Italie), l'herbier a perdu entre 10 et 30 % de sa surface par rapport au début du 20^{ème}

siècle (Bianchi et Peirano, 1995 ; Peirano et Bianchi, 1995). Dans la région d'Alicante (Espagne), Ramos-Esplà *et al.*, (1994) évaluent à 52 % la surface d'herbier détruite. A Marseille, près de 90 % de l'herbier cartographié, à la fin du 19^{ème} siècle par Marion (1883), a aujourd'hui disparu (Boudouresque, 1996). Il convient toutefois de noter que cette régression n'est pas générale ; dans certaines régions, les limites de l'herbier de Posidonies sont restées stables ; c'est le cas autour de l'île d'Ischia (golfe de Naples, Italie), où Colantoni *et al.*, (1982) notent une extension à peu près stable entre la fin des années 1920, les années 1950 et les années 1970. Les causes de la régression des herbiers sont principalement d'origine anthropique. Parmi celles-ci, les principales sont : La pollution, les aménagements littoraux et modification des flux sédimentaires, le chalutage, la plaisance et l'ancrage, l'utilisation des explosives, l'aquaculture et la compétition avec les algues introduites.

I.8.1. La pollution

Etant donné la localisation côtière des herbiers de Posidonies, cet écosystème est particulièrement soumis aux rejets anthropiques apportés par les rivières ou directement rejetés en mer, qu'ils soient d'origine urbaine ou industrielle. Depuis de nombreuses années, des régressions massives des herbiers ont été répertoriées aux alentours des grands centres urbains et industriels autour du bassin méditerranéen. L'origine de ces régressions est généralement imputée à l'action des polluants chimiques (hydrocarbures, PCB, métaux lourds) qui réduisent le développement des feuilles et la croissance des rhizomes de la Posidonie (Balestri *et al.*, 2004). Toutefois, il ne faut pas négliger les rejets de nutriments qui ont fortement augmenté ces dernières décennies, suite à l'utilisation massive d'engrais pour l'agriculture (Pergent-Martini *et al.*, 1995b). Ces apports de matière organique dans les zones côtières provoquent une augmentation de la turbidité des eaux qui entraîne d'une part, une diminution de la photosynthèse en profondeur et qui favorise d'autre part, une eutrophisation des eaux responsable de l'apparition d'efflorescences phytoplanctoniques plus importantes (Pérès, 1984 ; Bourcier, 1989 ; Pergent-Martini *et al.*, 1995b). Ces apports de nutriments favorisent la croissance des épiphytes au détriment de la plante hôte, ce qui génère un phénomène de compétition plante/épiphyte (Pergent-Martini *et al.*, 1995b). Cette compétition peut entraîner une diminution de la croissance des feuilles de Posidonies accompagnée d'une diminution significative de la surface foliaire suivie par la mort de la plupart des feuilles et, finalement, celle de nombreux faisceaux (Wangeluwe, 2007).

I.8.2. Les aménagements littoraux et modification des flux sédimentaires

Les aménagements littoraux (construction de ports, endigages, plages artificielles) agissent directement sur l'herbier par la destruction de sa surface, mais aussi indirectement par la modification des courants et des bilans sédimentaires aux abords des côtes. La modification des

courants peut provoquer la remise en suspension de particules dans la colonne d'eau et, de ce fait, limiter la quantité de lumière disponible pour l'herbier réduisant la croissance et le développement des pousses de Posidonies (Ruiz et Romero, 2003). Cette limitation provoque généralement la remontée de la limite inférieure de l'herbier puisque la quantité de lumière à ces profondeurs n'est plus suffisante pour assurer la photosynthèse et donc le bon développement des pousses (Astier, 1984). Un obstacle perpendiculaire au littoral (port, épi, etc...) provoque une hyper sédimentation en amont (par rapport à la dérive littorale), ainsi qu'un déficit sédimentaire en aval, accompagné d'un déchaussement des rhizomes. La croissance moyenne maximale des rhizomes orthotropes étant d'environ 50 à 70 mm/an, les points végétatifs sont enterrés et meurent si le taux de sédimentation dépasse ce seuil ; de même les rhizomes déchaussés sont vulnérable à l'hydrodynamisme, aux ancrs et aux chalutages. Dans les deux cas, il peut y avoir destruction de l'herbier de Posidonies (Boudouresque *et al.*, 1984 ; Boudouresque et Jeudy De Grissac, 1983).

Outre la modification des courants et des flux sédimentaires, les ports et terre-pleins peuvent générer, lors de leur construction, un nuage turbide. En effet, l'hydrodynamisme entraîne une partie des matériaux terrigènes déversés en mer. Ce nuage turbide agit de 3 façons : d'une part, il diminue la transparence de l'eau (ce qui diminue la photosynthèse) ; d'autre part il se dépose dans l'herbier, entraînant ainsi une hyper sédimentation. Enfin, les sédiments les plus fins sont constamment remis en suspension lors des tempêtes, ce qui diminue la transparence de l'eau à long terme (Charbonnel, 1993).

I.8.3. Le chalutage

Le chalutage altère directement l'herbier (Fig. 24), il fait partie des causes de régression les plus importantes et ce particulièrement pour les herbiers profonds (entre -15 et -30 m de profondeur). Le raclement continu des chaluts de pêche arrache un nombre important de faisceaux, et participe ainsi à la réduction de la couverture moyenne du fond par l'herbier, à l'accroissement de la masse de la litière et à l'érosion de la matre. Ce procédé mélange le fond, modifiant ainsi les taux de sédimentation (Sánchez-Jerez, 1994 ; González-Correa *et al.*, 2005).

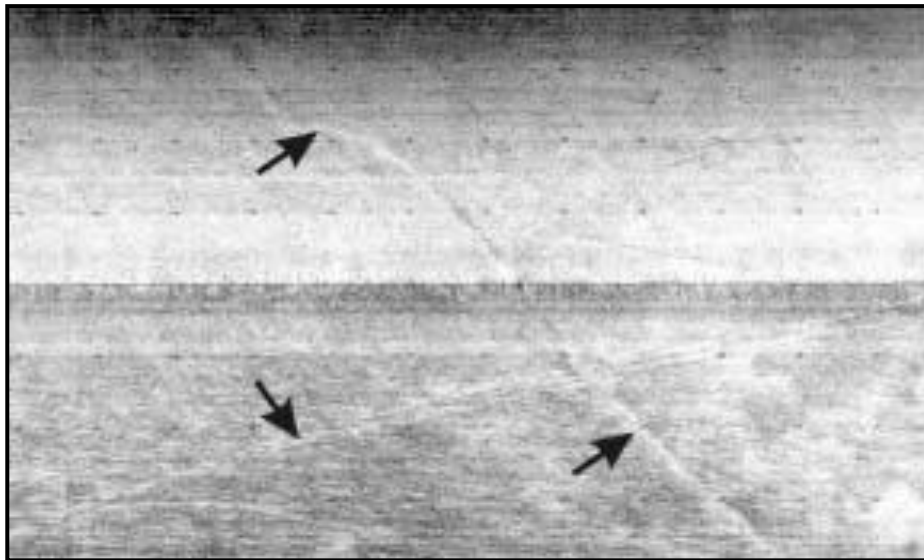


Figure 24 : Traces de chalut (flèches) dans un herbier à *Posidonia oceanica* de la rade de Giens (Var, France). Il s'agit des sillons creusés par les panneaux latéraux. Image obtenue au moyen d'un sonar latéral (d'après Paillard *et al.*, 1993).

Dans le Sud-est de l'Espagne, 40 à 50 % de la surface potentiellement occupée par la Posidonie est soumise au chalutage illégal (Sánchez-Lizaso *et al.*, 1990). En Corse, le taux de détérioration de l'ensemble des herbiers dû aux chalutages est estimé à 12 % ; alors que dans le Latium (Italie), le chalutage constituerait la principale cause de sa régression en profondeur (Pasqualini *et al.*, 2000 ; Diviacco *et al.*, 2001).

I.8.4. Plaisance et ancrage

L'engouement pour la navigation de plaisance, entraîne une augmentation importante du nombre de bateaux dans certaines zones de mouillage (particulièrement en période estivale) ; leurs effets peuvent être importants et, dans certaines conditions, conduire à la régression de l'herbier en place (Porcher, 1984). Les dégradations dues aux activités de plaisance sont liées, d'une part, au déversement des macro-déchets directement dans le milieu marin (Moreteau, 1981), d'autre part, à la pollution apportée par les détergents, les hydrocarbures, les peintures antifouling et les rejets des eaux usées (Vincente et Chabert, 1981). Enfin, l'action mécanique directe des ancres et des systèmes de mouillage collectif sur les fonds constitue la plus grosse menace pour les herbiers (Fig. 25). En effet, les expériences de Francour *et al.*, (1999) dans le parc national de Port-Cros (France) et à Scandola (Corse) montrent que suivant le type de bateau et l'état de l'herbier (déchaussement ou non des rhizomes), un cycle complet d'ancrage peut arracher ou casser de 10 faisceaux (bateau léger dans un herbier moyennement déchaussé) à 45 faisceaux (bateau lourd dans un herbier fortement déchaussé) (Tab. 2).

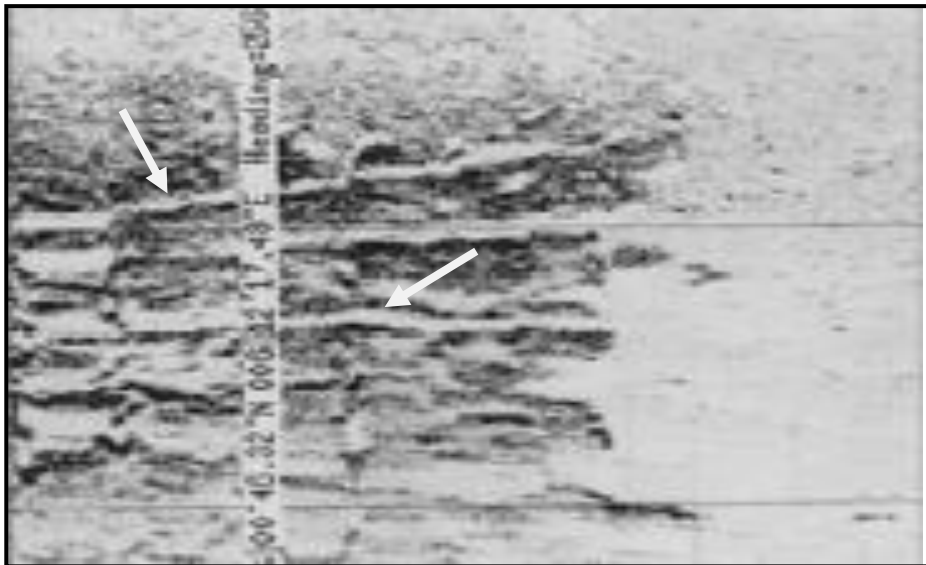


Figure 25 : Sonogrammes montrant des traces (flèches) dues à l'ancrage de bateaux de croisière au sein de la prairie à *Posidonia oceanica* (d'après Ganteaume *et al.*, 2005).

Tableau 2 : Estimation des dégâts infligés à l'herbier de Posidonies lors du processus d'ancrage des bateaux en fonction du type d'ancrage et de l'état initial de l'herbier (d'après Francour *et al.*, 1999).

Type de bateau	Nombre de faisceaux arrachés ou cassés par cycle d'ancrage	
	Déchaussement moyen	Déchaussement important
	(5-10 cm)	(>15 cm)
Bateau léger (<10 m). Pas de guindeau électrique.	10	15
Bateau lourd (10 m). Guindeau électrique.	30	45

Les deux catégories de bateaux utilisées dans ces expériences sont représentatives des bateaux de plaisance généralement rencontrés en Méditerranée. Cependant, ces données doivent être lues avec précaution car les expériences réalisées ne considéraient qu'un ancrage d'une durée limitée. Il semble évident que la chaîne d'un bateau au mouillage arrachera ou cassera un nombre de faisceau proportionnel à sa durée d'ancrage, surtout en cas de mer agitée ou de fort courant (Porcher,

1984 ; Francour *et al.*, 1999). Les valeurs mentionnées doivent donc être considérées comme des valeurs minimales. De plus, il faut noter que suivant le type d'ancre utilisé ou la présence d'une chaîne ou d'une corde, les dégâts peuvent être plus ou moins importants (Milazzo *et al.*, 2004).

I.8.5. L'utilisation des explosives

Un peu partout, le long des côtes de Méditerranée Nord-Occidentale, on rencontre des taches circulaires d'herbier de Posidonies mort qui correspondent à des explosions sous-marines (bombes tombées lors de la guerre 1939-1945, explosion de mines pendant ou après la guerre, ou pêche à la dynamite) (Fig. 26). La recolonisation des surfaces perdues par ces herbiers est extrêmement lente puisque, parfois 50 ans après l'événement qui en est la cause, la recolonisation n'est encore que partielle (Meinesz et Lefevre, 1984).

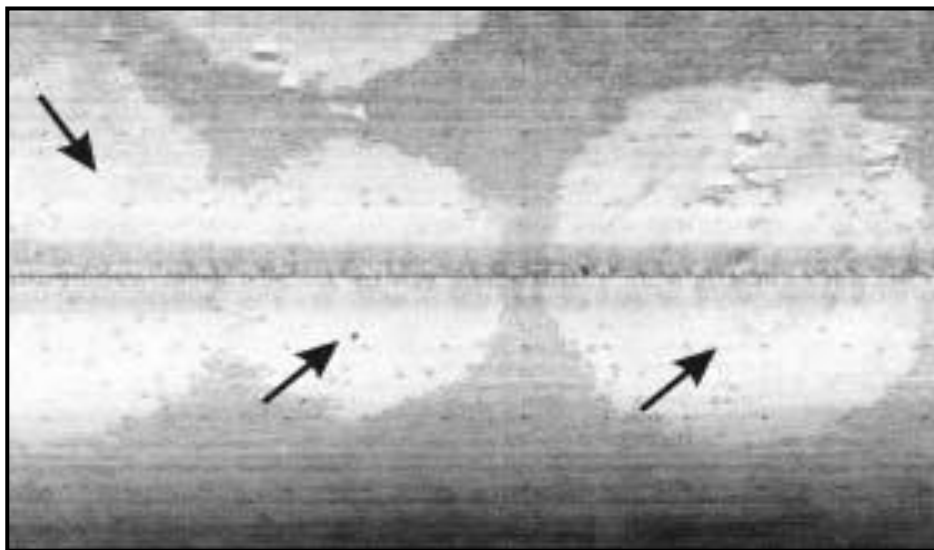


Figure 26 : Zones de matte morte (flèches), au sein de l'herbier à *Posidonia oceanica*, dues à des explosions, dans la rade de Giens (Var, France). Image obtenue au moyen d'un sonar latéral (d'après Paillard *et al.*, 1993).

I.8.6. L'aquaculture

L'augmentation des activités aquacoles le long des côtes méditerranéennes est aujourd'hui une priorité économique. Cependant, les récentes études faites par Pergent *et al.*, 1999 ; Delgado *et al.*, 1999 ; Ruiz *et al.*, 2001 et Cancemi *et al.*, 2003 montrent que ces activités ont un effet non négligeable sur les herbiers sous-jacents. Toutefois, leurs impact sur *Posidonia oceanica* est hautement variable et dépend d'interactions complexes entre un grand nombre de processus, tels que la réduction des radiations lumineuses, l'augmentation de la turbidité de la colonne d'eau, l'augmentation des teneurs en matière organique qui s'observe préférentiellement au niveau de la couche la plus profonde du sédiment (Couche de 10 à 15 cm) (Fig. 27). Concernant les cas les plus

graves, le sédiment présente une couche superficielle noire et anoxique, avec des dégagements de méthane CH_4 et de sulfure hydrogéné H_2S , ou encore l'augmentation de la teneur en phosphore et en azote de l'eau interstitielle et du sédiment (Delgado *et al.*, 1997 ; Pergent *et al.*, 1999 ; Ruiz *et al.*, 2001 ; Karakassis *et al.*, 2002).

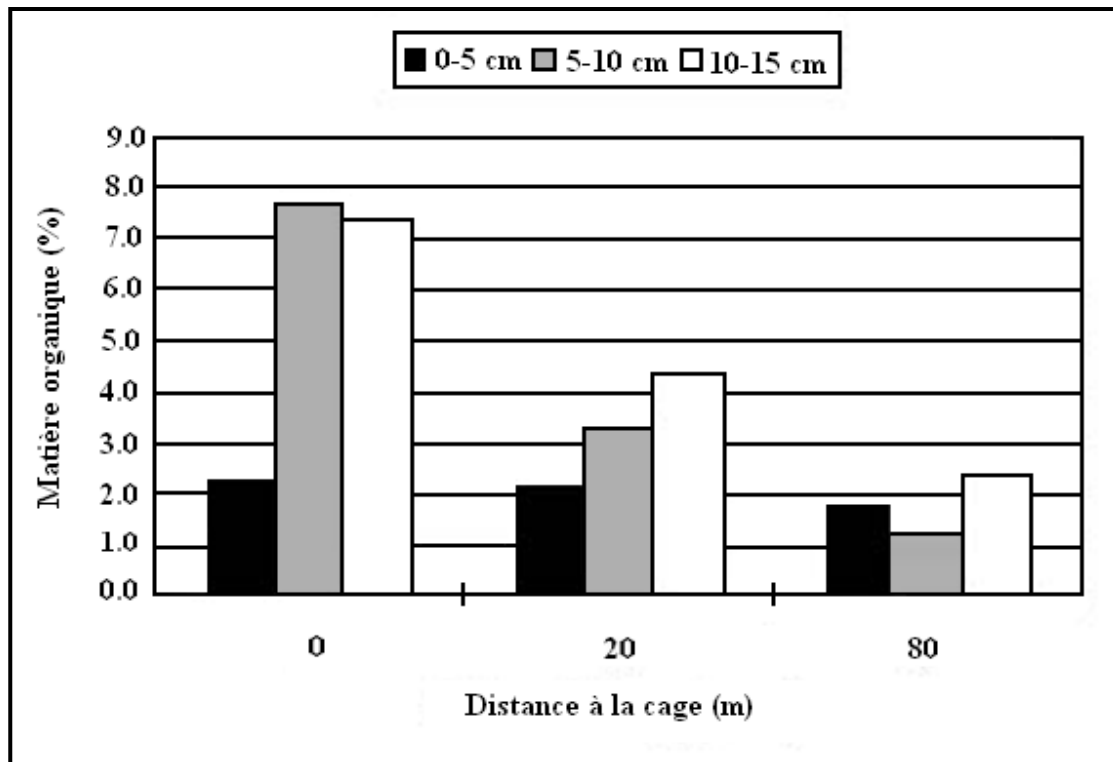


Figure 27 : Evolution de la teneur en matière organique dans le sédiment, en fonction de la distance aux cages piscicoles et de la couche de sédiment (0-5, 5-10 ou 10-15 cm de profondeur), à Sant'Amanza (Corse) en avril 1994 (d'après Pergent *et al.*, 1995).

Ces différents processus provoquent une disparition de l'herbier sous les cages et une dégradation importante de l'herbier aux alentours, qui se traduit par une diminution de la densité, une réduction de la longueur (donc de la biomasse des feuilles), une modification de la croissance des rhizomes ainsi qu'une diminution de la production primaire de la plante (Delgado *et al.*, 1999 ; Pergent *et al.*, 1999 ; Cancemi *et al.*, 2000 ; Ruiz *et al.*, 2001).

I.8.7. La compétition avec les algues introduites

Le problème de la compétition entre l'herbier à *Posidonia oceanica* et les espèces introduites est devenu d'actualité avec l'introduction en Méditerranée des Chlorobiontes, *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Boudouresque *et al.*, 2006).

Caulerpa taxifolia est en mesure de coloniser presque tous les types de substrats, en particulier la matte morte et les prairies à *Posidonia oceanica* (Boudouresque *et al.*, 1995c) (Fig. 28). Même si

la capacité de *Caulerpa taxifolia* à éliminer un herbier de Posidonies à bonne vitalité n'a pas été démontrée à court terme, les herbiers stressés et dégradés constituent un milieu très favorable pour cette espèce qui peut accentuer leur recul (De Villèle et Verlaque, 1995 ; Torchia *et al.*, 2000). A long terme, la capacité de cette espèce introduite à remplacer les herbiers à *Posidonia oceanica* non dégradés, ou certains d'entre eux, reste une question ouverte (Ceccherelli et Cinelli, 1997, 1998 ; Molenaar, 2001). Quoi qu'il en soit, la présence de *Caulerpa taxifolia* dans un herbier de Posidonies modifie profondément le fonctionnement de l'écosystème (Ruitton et Boudouresque, 1994 ; Gélina *et al.*, 1998 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1999).

La présence de *Caulerpa racemosa* au niveau des herbiers à *Posidonia oceanica*, coïncide avec une modification de la qualité biogéochimique du sédiment, ce qui va créer un environnement défavorable à la croissance de la phanérogame marine. Cette modification se traduit par une augmentation du taux de la matière organique, qui va induire une hausse du taux de réduction du sulfate, laquelle favorise la formation du sulfure d'hydrogène, qui est un composé toxique pour les plantes. Des concentrations inférieures à 10 µm de ce composé dans les eaux interstitielles, ont été associées au déclin de populations de *Posidonia oceanica*. Cela dit, ce déclin n'est observé qu'au niveau des herbiers clairsemés et détériorer par d'autres facteurs (Didham *et al.*, 2005 ; Calleja *et al.*, 2007 ; Holmer *et al.*, 2009).

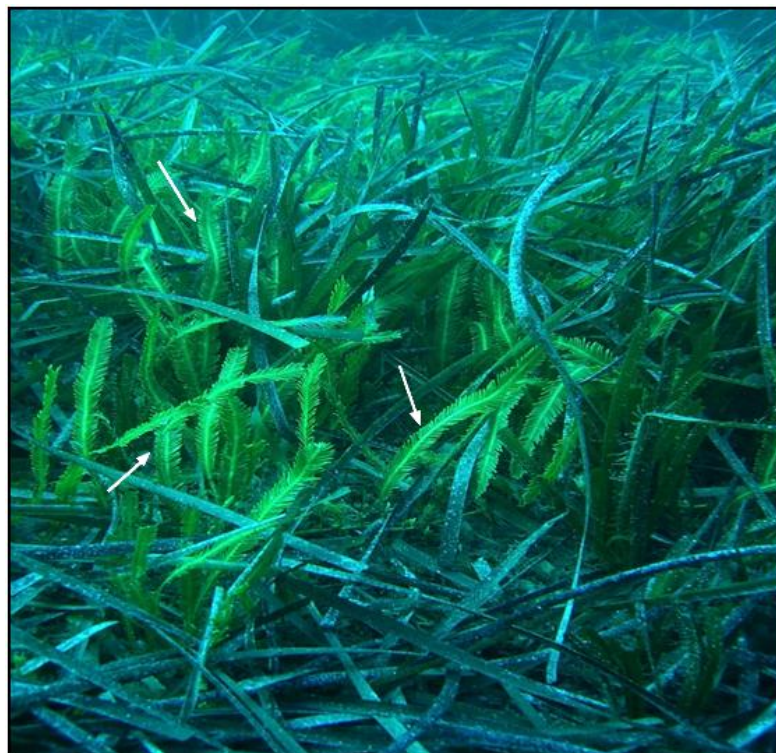


Figure 28 : Herbier à *Posidonia oceanica* colonisé par la chlorobionte invasive *Caulerpa taxifolia* (flèches)
(Source : www.monverd.org).

I.9. Restauration des herbiers de Posidonies

Les phanérogames marines, une fois perdues, ne se rétablissent pas aisément d'une façon naturelle. Celles-ci nécessitent des conditions environnementales spécifiques qui sont généralement perdues parallèlement à leur déclin. Les zones qui présentaient un herbier dense auparavant peuvent devenir inappropriées pour le développement d'un nouvel herbier (Fonseca, 1992 ; Hemminga et Duarte, 2000). C'est bien l'importance des herbiers et des communautés associées, l'ampleur de leur régression et la lenteur de leur recolonisation naturelle, qui a conduit à l'idée qu'il pouvait être nécessaire de procéder à des réimplantations. Ainsi, les efforts concernant leur restauration se sont intensifiés partout dans le monde (Meinesz *et al.*, 1990b ; 1991a ; Cinelli, 1991 ; Molenaar et Meinesz, 1992c ; 1992d ; Calumpong et Fonseca, 2001).

Par définition, le but de la restauration est de remettre en place les ressources naturelles dégradées ou perdues après l'arrêt de la cause initiale de la dégradation. Pour les phanérogames marines, les technologies de réimplantation, développées en tant que premières stratégies de restauration, ont montré des résultats forts variables quant au succès, suivant l'espèce réimplantée et le type de technique utilisée (Fonseca *et al.*, 1998). Parmi les phanérogames marines de Méditerranée, c'est *Posidonia oceanica* qui a donné lieu au plus grand nombre de travaux de réimplantation (Meinesz *et al.*, 1990b).

Les techniques mises au point pour la réimplantation des phanérogames marines sont nombreuses et comportent :

- La mise en place de dalles en ciment percées de trous dans lesquels sont placées les boutures (Maggi, 1973) ;
- La mise en place de cadres en ciment au centre desquels sont placées un grand nombre de boutures retenues par un grillage (Cooper, 1976 ; 1982 ; Chessa et Fresi, 1994) (Fig. 29) ;
- Des grillages plastiques ou métalliques, posés à plat sur le fond, sur lesquels sont fixées les boutures (Larkum, 1976 ; Molenaar et Meinesz, 1992a ; 1992b ; Piazzini *et al.*, 1998 ; 2000) ;
- Des systèmes de fixation des boutures directement sur le fond moyennant des piquets (Tuteur) ou des crochets (Fonseca *et al.*, 1982c ; Molenaar, 1992 ; Davis et Short, 1997) (Fig. 29) ;
- Le creusement de trous dans lesquels sont placés des blocs de matie appelés mottes (Addy, 1947a ; Jeudy De Grissac, 1984b ; Dennison et Alberte, 1986 ; Faccioli, 1996) ;
- Des filets en matière biodégradable (Fonseca *et al.*, 1979 ; Kenworthy *et al.*, 1980) ;

- La mise en place de jeunes individus (plantules) ayant germé en laboratoire (Addy, 1947a ; Cooper, 1976 ; Lewis et Phillips, 1980 ; Balestri *et al.*, 1998 ; Piazzini *et al.*, 2000).

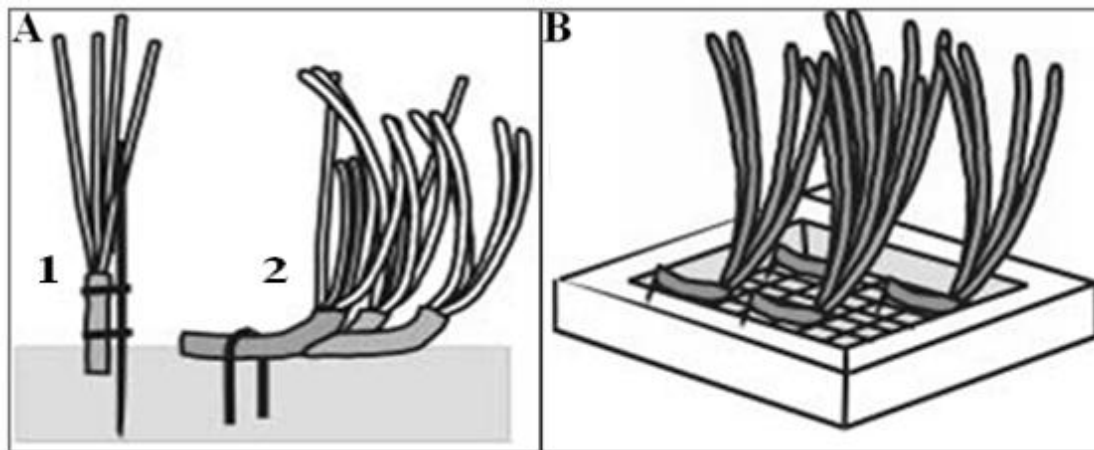


Figure 29 : Techniques de réimplantation de phanérogames marines. Bouture orthotrope de *Posidonies* fixée à un tuteur (1) ; boutures plagiotropes de *Posidonies* fixées par un crochet (2) (A). Cadre en ciment de type Cooper, avec des boutures de *Posidonies* (B) (d'après Boudouresque, 2001).

Les techniques ne comportant pas la mise en place de structures en ciment sont préférables dans la mesure où, en cas d'échec, il n'y a pas d'impact sur l'environnement (Judy De Grissac, 1984b). La meilleure saison de réimplantation de *Posidonia oceanica*, pour la survie et le développement des boutures, est le printemps pour les boutures plagiotrope, avec un taux moyen de survie de 92% (après 3 ans) et l'automne pour les boutures initialement orthotropes, avec un taux de survie de 45% (Molenaar, 1992 ; Meinesz *et al.*, 1992). Les boutures plagiotropes donnent de meilleurs résultats (74-76 % de survie en moyenne) que ceux orthotropes (30-60 % de survie en moyenne), et leur croissance est plus rapide (Meinesz *et al.*, 1992 ; Molenaar *et al.*, 1993 ; Piazzini et Cinelli, 1995 ; Piazzini *et al.*, 1998 ; 2000). Pour les boutures orthotropes, la longueur optimale du rhizome est de 10-15 cm (Meinesz *et al.*, 1992). Les boutures provenant des profondeurs donnent de meilleurs résultats que celles provenant d'herbiers superficiels (Molenaar et Meinesz, 1992a ; Chessa et Fresi, 1994 ; Génot *et al.*, 1994).

Campbell (2000), considère qu'une opération de réimplantation est un succès si le taux de survie des implants est d'au moins 50 % et si le taux de progression des rhizomes est d'au moins 50 %. Sur l'ensemble des opérations réalisées pour les phanérogames marines dans le monde, le taux de succès a été de moins de 50 % aux USA et de moins de 22 % en Australie (Fonseca *et al.*, 1996 ; Campbell, 2000). En Méditerranée, il est difficile d'apprécier avec précision le taux de succès. En effet, la majorité des opérations citées dans la littérature sont des essais expérimentaux, avec dans certains cas arrachage des boutures transplantées en fin d'expérience pour l'analyse des

caractéristiques de leur croissance. Par ailleurs, la plupart des opérations de réimplantation n'ont pas fait l'objet d'une évaluation, plusieurs années après leur réalisation. Le taux de réimplantation est évalué empiriquement aux alentours de 30-40 % (Boudouresque, 2001).

I.10. Surveillance des herbiers de Posidonies

Selon Boudouresque *et al.*, (2006) ; les outils de surveillance des herbiers se situent à trois échelles spatiales ; l'échelle de l'herbier tout entier, l'échelle locale au sein d'un herbier et la micro-échelle :

- Les outils à l'échelle de l'herbier tout entier sont la cartographie, l'utilisation de photographies aériennes, la mesure du recouvrement et les transects permanents. Ces derniers correspondent à des parcours au niveaux de l'herbier, repérés avec exactitude, de telle sorte que l'on peut y revenir ultérieurement afin d'y déceler d'éventuels changements ;
- Les outils à l'échelle locale sont la mise en place de balises à la limite supérieure et/ou inférieure de l'herbier et les carrés permanents. Les balises permettent d'observer des changements de la limite de l'herbier, même s'ils sont de faible amplitude, et donc de les détecter de façon précoce. Les carrés permanents sont de petites surfaces (quelques dizaines de mètres carrés) repérées et cartographiées de façon précise, sur lesquelles on peut revenir ultérieurement afin d'y déceler d'éventuels changements ;
- Les outils à micro-échelle (à l'échelle du faisceau ou d'un groupe de faisceaux), sont la mesure de la densité des faisceaux, l'importance respective des faisceaux rampants et des faisceaux dressés, la mesure du déchaussement des rhizomes, la granulométrie du sédiment, la lépidochronologie, la biométrie foliaire, etc...

I.11. Les herbiers à *Posidonia oceanica* des côtes algériennes

Posidonia oceanica est la phanérogame marine la plus répandue sur les côtes algériennes ; elle colonise la quasi-totalité de l'étage infralittoral et forme de vastes herbiers entre -0.5 et -30 m de profondeur. Toutefois, les surfaces occupées restent modeste en raison de l'étroitesse du plateau continental. La seule cartographie à grande échelle des herbiers à *Posidonia oceanica* d'Algérie disponible est celle établie par Vaissier et Fredj (1963). Elle indique que les herbiers étaient particulièrement bien développés dans le golf d'Annaba, la baie de Bou Ismail et le golf d'Arzew. Dans le golf d'Arzew, ils descendent jusqu'à l'isobathe -30 m, tandis que dans le golf d'Annaba et la baie de Bou Ismail, ils ne dépassent pas l'isobathe -25 m. A ce travail s'ajoute ceux de Semroud (1993) et de Boumaza (1995), qui sont des études ponctuelles portant sur les différents aspects liés à l'écosystème à *Posidonia oceanica* et qui viennent préciser cette répartition. Des récifs-barrière

sont signalés à El Kala et à l'anse de Kouali, près de Tipasa (c'est le récif-barrière le plus prospère des côtes algériennes) (Le Gall, 1969 ; Boumaza, 1995). Il existe également de petits récifs à Bou Ismail et Sidi Fredj (Molinier et Picard, 1953) et dans le secteur de Jijel et Bejaia (Gouraya) (Grimes *et al.*, 2004).

Le niveau de connaissance actuel sur chacun des compartiments (canopée, matte, épiphytes, faune vagile, faune sessile, macrofaune, endofaune) de la Posidonie des côtes algériennes, est très inégal et les données sont souvent très anciennes, très localisées et surtout taxinomiques. Les seules études détaillées les plus récentes sur la macrofaune de l'herbier de Posidonies (formée essentiellement de macroéchinodermes) sont ceux de Mezali (2004b ; 2005 ; 2008) sur les holothuries aspidochirotés et de Soualili (2008) ; Soualili *et al.*, (2008) et Soualili et Guillou (2009) sur les échinides.

Les études de Semroud *et al.*, (1992) ont abouti à la découverte à La Marsa (baie d'Alger) d'une population de Posidonie individualisée par rapport à la description classique de *Posidonia oceanica*. La variabilité morphologique de cette espèce sur les côtes algériennes s'expliquerait soit par des facteurs environnementaux, ou par des facteurs génétiques. Pour le moment, ces auteurs n'ont pas statué sur la position taxinomique de cette population, par rapport au concept classique de l'espèce *Posidonia oceanica* (Grimes *et al.*, 2004).

Une synthèse des données disponibles relative à la biodiversité des habitats à Posidonies, malgré leur caractère fragmentaire et incomplet, montre déjà l'exceptionnelle richesse des herbiers à *Posidonia oceanica* des côtes algériennes (Tab. 3).

Tableau 3 : Nombre d'espèces animales et végétales associées aux herbiers à *Posidonia oceanica* des côtes algériennes (d'après Grimes *et al.*, 2004, modifié).

Groupes	Nombre d'espèces
Phycophytes	
Chlorophyceae	16
Pheophyceae	24
Rhodophyceae	33
Cnidaires	3
Mollusques	
Bivalvia	52
Gasteropoda	21
Placophora	4
Annélides	
<i>Polychaeta errantia</i>	57
<i>Polychaeta sedentaria</i>	36
Crustacés	
Amphipoda	63
Decapoda	35
Isopoda	16
Anisopoda	4
Cumacea	4
Mysidacea	1
Leptostraca	1
Bryozoaires	2
Echinodermes	
Holothuridea	7
Echinoidea	5
Asteroidea	1
Ophiuroidea	9
Vertébrés	
Chondryctines	1
osteichthyies	70

Des phénomènes de destruction ou de régression des herbiers sont souvent rapportés en Algérie, particulièrement aux alentours des grands centres urbains, industriels et portuaires, tel que Alger, Annaba et Oran. A titre d'exemple, dans la baie d'Alger, les herbiers à *Posidonia oceanica* ne s'étendent guère au-delà de -8 m de profondeur, et ce qui en subsiste se trouve en état de forte dégradation (Grimes *et al.*, 2004).

II. Les holothuries : Compartiment important de l'herbier de Posidonies

Les holothuries aspidochirotés appelées communément "concombre de mer", sont les représentants majeurs du compartiment benthique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (Harmelin *et al.*, 1980 ; Francour, 1990 ; Mezali, 2008) ; elles contribuent activement au recyclage de la matière organique et jouent un rôle important dans le "detritus food web" de cet écosystème (Zupo et Fresi, 1984 ; Mezali *et al.*, 2006).

II.1. Taxonomie

La classe des holothurides, constituent avec les échinides, les astérides, les ophiurides et les crinoïdes l'embranchement des échinodermes. A la symétrie pentaradiaire, ou alternent cinq aires ambulacraires radiales portant généralement les podia et cinq aires interambulacraires (Meglitch, 1975). Cette classe compte plus de 1250 espèces et 6 ordres (dendrochirotés, dactylochirotés, aspidochirotés, elasipodides, apodides et molpadiides), qui se distinguent d'après la présence ou l'absence des pieds ambulacraires, la forme des tentacules buccaux (digités, dendritiques, pennés ou en forme de pelle), la présence ou l'absence de muscles rétracteurs oraux, d'arbres respiratoires et de tubes de Cuvier (Hendler *et al.*, 1995).

Les holothuries se distinguent des autres classes des échinodermes par l'existence d'un endosquelette constitué par des sclérites (= spicules) ; ces dernières représentent des millions de microscopiques pièces calcaires, isolées les une des autres et éparpillées dans les couches dermiques du corps de l'holothurie (In Mezali, 2008). La morphologie, la taille et la distribution des sclérites dans les différents tissus constituent des caractères clefs dans la détermination et la classification des holothuries (Samyn *et al.*, 2006).

Avec l'avènement de la phylogénie moléculaire, de nombreuses recherches viennent confirmer ou infirmer d'anciennes classifications. Après avoir effectué un examen systématique des holothuries aspidochirotés de la frange côtière algérienne, Mezali (2011a) estime que *H. (H.) tubulosa* compte deux populations bien distinctes et que *Holothuria (H.) stellati* est bien distincte des deux populations de *H. (H.) tubulosa*.

II.2. Répartition

Les holothuries se trouvent dans de nombreux biotopes marins à toutes les latitudes, des zones intertidales aux plus grandes profondeurs. Elles sont généralement benthiques à l'exception de certaines Elasipodes pélagiques. Bien que certaines espèces se trouvent sur les substrats durs (roches, anfractuosités, récifs coralliens) ou en épibioses sur des végétaux ou des invertébrés, elles sont surtout caractéristiques des fonds meubles, pouvant vivre soit à leur surface, soit, de manière temporaire ou permanente, dans le sédiment, n'exposant que leurs tentacules. La répartition des

différents groupes dans les zones littorales est marquée par la prédominance de l'ordre des Aspidochirotés (objet de notre étude) dans les zones intertropicales et celle des Dendrochirotés aux latitudes tempérées et élevées. La diversité est maximale dans les zones littorales tropicales (Conand, 1994).

II.3. Morphologie et anatomie

Les holothuries ont un corps cylindrique, légèrement effilé aux extrémités. Leur taille est très variable à cause de la contractilité de leurs corps (Mezali, 2001). Elles présentent souvent une symétrie bilatérale qui masque la symétrie radiaire pentamérique avec une face ventrale appelée "trivium" et une face dorsale appelée "bivium" (Fig. 30). Le trivium est couvert de nombreux pieds ambulacraires (ou podia) terminés par une ventouse. Ce sont ces structures qui permettent à l'animal de se fixer et de se déplacer sur le substrat. Sur le bivium, il existe également des podia sans ventouse, appelés papilles. Le nombre ainsi que l'arrangement des podia et des papilles varient selon le taxon (Samyn *et al.*, 2006).

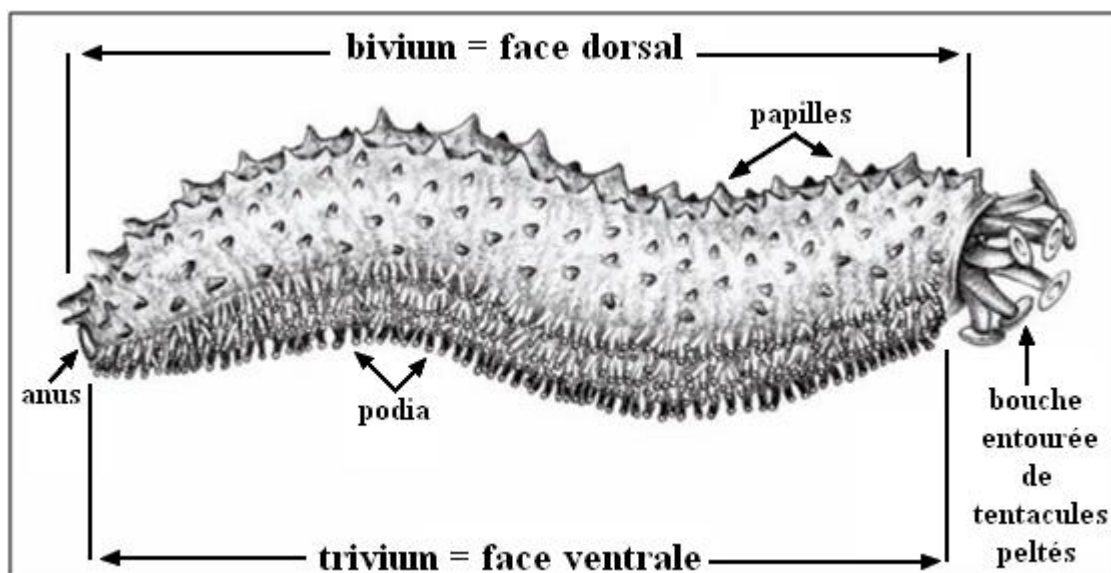


Figure 30 : Morphologie d'une holothurie aspidochirote (d'après Samyn *et al.*, 2006).

Les podia et papilles sont en rapport avec les cinq canaux radiaires qui, avec l'anneau aquifère pourvu d'une ou plusieurs vésicules de Poli et de un ou de plusieurs canaux de sable, constituent le système aquifère, ou système ambulacraire qui sert à la fois à la respiration, à la locomotion et à la réception sensorielle (Fig. 31). Contrairement aux autres échinodermes, ce système s'ouvre la plupart du temps dans la cavité interne à hauteur de la plaque madréporique. De consistance souvent molle, les holothuries ont un squelette réduit formé par de microscopiques pièces calcaires, disséminées dans leur peau et autres tissus. La couronne calcaire est formée de pièces radiales et de pièces interradianales macroscopiques. La réduction du squelette est largement

compensée par le système musculaire. Ce dernier est constitué de cinq bandes musculaires longitudinales en position radiale, qui sont antérieurement attachées aux pièces radiales de la couronne calcaire et postérieurement au cloaque via les muscles rétracteurs du cloaque. Le cœlome de l'holothurie est une vaste cavité remplie d'un liquide (le liquide cœlomique) proche de l'eau de mer dans lequel se trouvent le tube digestif, les poumons et les gonades (Fig. 31). Le tube digestif fait une grande boucle et occupe la majeure partie de la cavité. Il s'ouvre antérieurement au niveau de la bouche qui est entourée de tentacules buccaux (podia modifiés servant à l'ingestion des particules alimentaires) et se termine postérieurement par un anus. Peu avant l'anus, le tube digestif s'enfle en un cloaque dans lequel débouchent les poumons, organes en forme de buisson plus ou moins touffu qui pompent et rejettent l'eau de mer par l'anus (Fig. 31). A la base des poumons de certaines espèces d'holothuries, on peut observer des tubes souvent blanchâtres, dits tubes de Cuvier (ou organe de défense), pouvant être projetés à l'extérieur par l'anus. Sous la pression de l'eau injectée dans les tubes, ils s'allongent considérablement, formant autour de l'agresseur un réseau extraordinairement résistant et collant (Conand, 1989 ; Samyn *et al.*, 2006).

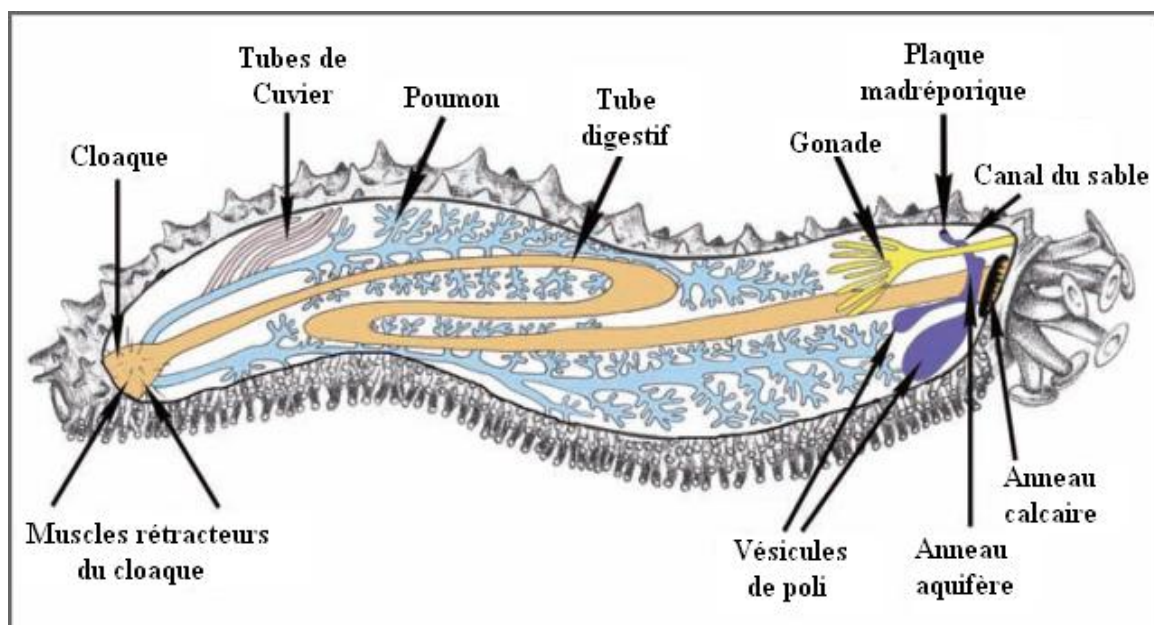


Figure 31 : Anatomie interne d'une holothurie aspidochirote montrant les principaux organes (*In*, Samyn *et al.*, 2006).

II.4. Ecologie de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés retrouvées dans les sites étudiés

Les différentes espèces que nous allons citer, ont fait l'objet de notre étude sur le comportement alimentaire.

II.4.1. *Holothuria (Holothuria) tubulosa*

Essentiellement littorale, *Holothuria (H.) tubulosa* est l'une des espèces les plus communes de la méditerranée (Azzolina et Harmelin, 1989 In Mezali, 2008). Cette espèce peut être retrouvée entre -0.5 et -100 m de profondeur et fréquente différents biotopes tel que : sable, vase, sous les pierres, à la base des rochers côtiers ainsi qu'au niveau de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2004b ; 2008). *Holothuria (H.) tubulosa* est souvent associées à *Holothuria (R.) poli* dans l'herbier de Posidonies ou sur le fond rocheux (Francour, 1990).

II.4.2. *Holothuria (Roweothuria) poli*

Holothuria (R.) poli est une espèce essentiellement méditerranéenne et littorale, vivant entre 0 et -12 m de profondeur et peut même être retrouvée entre -80 et -250 m de profondeur (Cherbonnier, 1956 In Mezali, 2008). Cette espèce fréquente des biotopes très variés : sable, vase détritique, roche, Caulerpe et herbier de Posidonies (Francour, 1984).

II.4.3. *Holothuria (Panningothuria) forskali*

Holothuria (P.) forskali est une espèce Atlantico-méditerranéenne qui se retrouve jusqu'à -100 m de profondeur, bien qu'elle soit considérée comme espèce littorale (Azzolina et Harmelin, 1989 In Mezali, 2008). Cette espèce habite les rebords sublittoraux et les ravins (Astall et Johns, 1991 In Mezali, 2008) ; elle est souvent retrouvée fixée sur le substrat dur, sous les rochers, entre les pierres et dans l'herbier de Posidonies (Mezali, 2008).

II.4.4. *Holothuria (Platyperona) sanctori*

Holothuria (P.) sanctori est distribuée à travers la mer Méditerranée et l'Atlantique Est. Cette espèce préfère l'ombre des substrats rocheux (Pawson, 1978 In Mezali, 2008) et les tombants de mattes de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2004b).

II.5. Régime et comportement alimentaire des holothuries

La plupart des holothuries sont des organismes dépositores et détritivores, qui emploient différentes techniques pour puiser leurs aliments dans la couche supérieure des sédiments. Ces diverses techniques varient en fonction de la forme des tentacules buccaux et de la morphologie des appareils digestifs de chaque espèce (Roberts *et al.*, 2001). Les holothuries collectent le sédiment avec leurs tentacules buccaux, en rampant sur le fond. Sur les substrats meubles, les

tentacules peuvent pénétrer dans le sable, alors qu'elles balayent seulement les substrats durs ou les algues. Le sédiment avalé transite dans le tube digestif tubulaire, ce dernier présente trois tronçons dont chacun correspond à une fonction spécifique : **le tronçon de stockage "foregut"**, qui est capable d'emmagasiner de grandes quantités de sable ; **le tronçon digestif "midgut"**, à partir duquel se fait l'extraction et l'absorption de la matière organique ; enfin **le tronçon d'élimination "hindgut"**, où se condensent les chapelets de pelotes fécales (Mezali, 2008). Après avoir transité dans le tube digestif, le sédiment passe dans le cloaque et est rejeté par l'anus sous forme de fèces (Sloan, 1979 ; Massin, 1982a) (Fig. 32). A titre d'exemple, pour *Holothuria atra*, un individu de taille moyenne ingère quotidiennement entre 50 et 100 g de sédiment, avec un temps de transit intestinal de 12 à 14 heures (Yamanouchi, 1939 ; Trefz, 1958 ; Webb *et al.*, 1977).

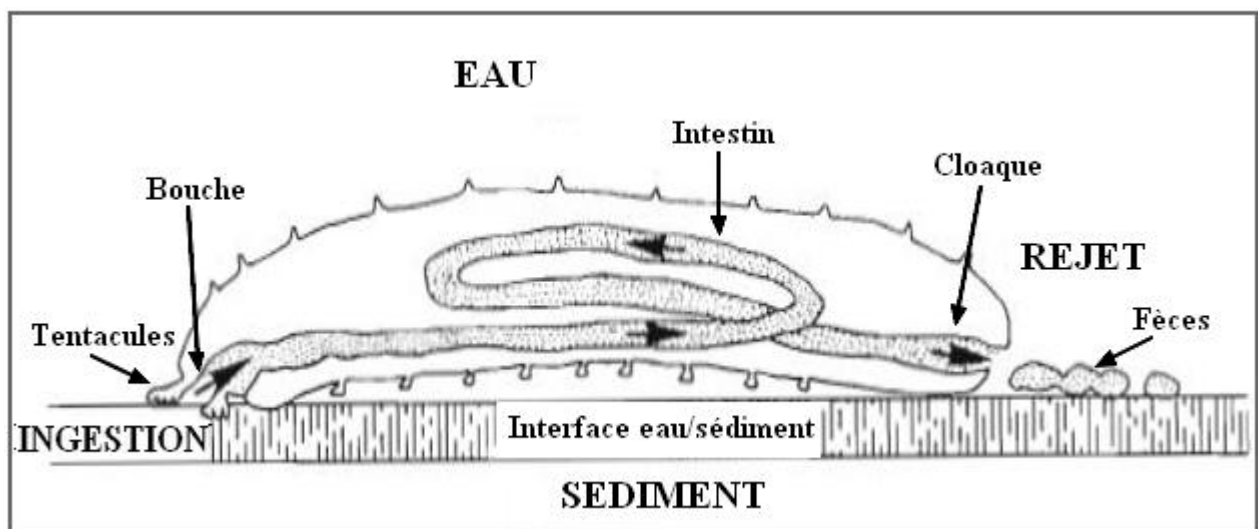


Figure 32 : Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie aspidochirote (d'après Conand, 1994, modifiée).

Les sédiments ingérés par les holothuries aspidochirotées, se composent principalement de matières inorganiques (débris de corail, restes de coquillages, corallines, tests de foraminifères, restes inorganiques du benthos), de matières détritiques organiques (phanérogames marines notamment des feuilles mortes de Posidonies ou en dégradation, algues, animaux morts en décomposition), de microorganismes (bactéries, diatomées, protozoaires et cyanophycées), ou de boulettes fécales expulsées par l'holothurie elle-même ou par d'autres animaux ; la matière détritique constitue la part la plus importante du carbone organique assimilé (60 à 70 %) (Massin, 1982a ; Moriarty, 1982 ; Roberts *et al.*, 2000).

La sélectivité chez les holothuries (soit physique suivant la taille des particules collectées, ou chimique suivant leur richesse en matière organique) a donné lieu à de nombreux travaux (Conand, 1994 ; 1989). En effet, des observations de sélectivité granulométrique ont été décrites par plusieurs auteurs, dont Yamanouchi (1939), Roberts (1979) ; Franklin (1980) ; Mezali *et al.*, (2003) ; Mezali (2004c ; 2008). Roberts et Bryce (1982) ont montré l'existence de différentes stratégies comprenant une sélectivité pour des particules plus fines ou plus grandes que la moyenne du sédiment environnant. Alors que l'absence de sélectivité granulométrique, a été démontrée par Choe (1963), Yingst (1974 ; 1982), Levin (1979) et Hammond (1982a). Ce dernier a réexaminé et critiqué certains résultats prouvant la sélectivité et conclut que les différences observées proviendraient plutôt d'une préférence pour un micro-habitat. La sélectivité chimique a fréquemment été démontrée par plusieurs auteurs. Elle a été mise en évidence pour *H. atra* (Webb *et al.*, 1977 ; Moriarty, 1982) et pour *S. chloronotus* (Moriarty, 1982), dont le contenu digestif en carbone et en azote est supérieur à celui du sédiment environnant (Conand, 1994).

Certains auteurs observent des résultats variables suivant les localités, qui pourraient résulter d'un comportement opportuniste, en présence ou non de compétition (Conand, 1994). En d'autres termes ; mis à part l'évident avantage d'obtenir des aliments avec une grande valeur nutritionnelle, la sélectivité des éléments nutritifs chez les holothuries, pourrait être un moyen de partition de la niche écologique, entre les différentes espèces qui vivent dans le même habitat (Roberts, 1979 ; Sloan et Von Bodungen, 1980 ; Massin et Doumen, 1986). Lors de sa révision de la systématique des holothuries aspidochirotes, Deichmann (1958 *In* Rowe, 1969) avait indirectement établie une corrélation entre la niche écologique des holothuries et la forme de leurs spicules ; sa révision des holothuries fait apparaître trois divisions écologiques : espèces de zones battues, retrouvées accrochées aux roches, leurs spicules sont des bâtonnets ; espèces fugitives ("fugitive species"), retrouvées habituellement cachées sous les fragments de corail ou entre les roches, leurs spicules sont des corpuscules turriformes associées à des spicules qui peuvent être des boutons, des bâtonnets, des rosettes ou des pseudoboutons (l'ensemble des deux spicules sont habituellement lisse) ; espèces fouisseuses, retrouvées plus ou moins complètement ensevelie dans le sable et comprennent des spicules en bouton et des tourelles, ou bien un type de spicules qui se transforme en ellipsoïdes fenestrés ou en corps sphériques.

Au cours du cycle vital d'une espèce, un changement alimentaire peut se produire. Ainsi, les juvéniles de *S. japonicus* ingèrent relativement plus de microalgues et de détritiques que les adultes (Choe, 1963). C'est aussi probablement le cas chez *H. juscogilva*, dont les juvéniles vivent dans les pieds de phanérogames marines ou d'*Halimeda* (Gentle, 1979). Chez les adultes par contre,

l'absence de relation entre la taille individuelle et la granulométrie du sédiment ingéré a été montrée par Levin (1979), Hammond (1982a) et Massin et Doumen (1986).

Le rythme de nutrition est lui aussi variable, depuis une alimentation continue de jour et de nuit chez *H. atra*, à un rythme nocturne ou en rapport avec le changement d'intensité lumineuse chez *H. scabra* (Yamanouchi, 1939 ; 1956). Des rythmes saisonniers d'arrêt d'alimentation, avec régression du tube digestif, n'ont été observés que chez des espèces tempérées (Choe, 1963 ; Yingst, 1974 ; Fankboner et Cameron, 1985).

II.5.1. Concept de la théorie de l'"Optimal Foraging"

La sélectivité des particules alimentaires chez les holothuries aspidochirotés "deposit feeders", comme chez la plupart des dépositivores marins est un concept très important. Une des façons d'approcher cette sélectivité, est de se demander s'il existe des raisons pour lesquelles ces animaux tendent à choisir préférentiellement un type de particule alimentaire et de rejeter d'autres (Taghon, 1982). Cette question se focalise sur le gain que peuvent réaliser ces dépositivores marins en ingérant des particules spécifiques ; elle peut être traitée d'une manière fructueuse par l'évaluation de cette sélectivité dans le contexte de la théorie de l' "Optimal Foraging" (Pyke *et al.*, 1977). En général, cette théorie prédit quel type de particule alimentaire choisira un organisme, lorsqu'il veut maximiser son gain net en énergie, par unité de temps lors de son alimentation (Taghon, 1982). Taghon *et al.*, (1978) avaient démontré que les dépositivores marins dont le comportement alimentaire coïncide avec la théorie de l' "Optimal Foraging", ingèrent toujours les plus petites particules du fait de leurs importants revêtements en matière organique par rapport aux autres particules. Selon Massin et Jangoux (1976), l'aptitude des holothuries à détecter et sélectionner les particules riches en matière organique, serait due à des récepteurs gustatifs (utiliser autant qu'organes chimio-sensoriels) situés au niveau des podia péribuccaux. C'est l'important rapport Surface / Volume des petites particules qui favorise leurs revêtements en matière organique, contrairement aux plus grandes particules (Stamhuis *et al.*, 1998).

Des études sur le comportement alimentaire du crustacé *Callinassa subterranea*, démontrent que cette espèce traite le sédiment bien avant de l'ingérer ; il en résulte que le matériel ingéré est constitué d'une grande quantité de limon par rapport au sédiment environnant (In Stamhuis *et al.*, 1998).

II.5.2. Importance du mode d'alimentation des holothuries "deposit feeders"

Les holothuries aspidochirotés "deposit feeders" jouent un rôle primordial dans les populations benthiques. Ces espèces peuvent changer la taille des particules ingérées durant la digestion, par dissolution de la matière organique (In Mezali, 2008). L'activité sélective des holothuries "deposit

feeders" peuvent profondément affecter les propriétés physico-chimiques du sédiment (Taghon, 1982).

En participant au remaniement sédimentaire et à l'altération de la stabilité des fonds, les holothuries "deposit feeders" génèrent une importante "bioturbation", jouant ainsi un rôle important dans l'oxygénation du substrat meuble et la reminéralisation des éléments nutritifs (Massin, 1982b ; Charbonnel *et al.*, 1995d ; Uthicke et Karez, 1999). Le processus de "bioturbation" a un effet sur l'incorporation de la matière organique dans le sédiment sous forme finement divisée, dont les principaux bénéficiaires sont les meiobenthos et les microbenthos (Mann, 1978 *In* Mezali, 2008). Par leur mode alimentaire, les holothuries participent au recyclage de la matière organique et la remise en suspension des éléments nutritifs (Uthicke et Karez, 1999).

Les boulettes fécales de *Holothuria mexicana* et de *Isostichopus dadionotus* ont une influence sur le cycle des nutriments, puisque la matière organique provenant de ces boulettes en décomposition peut être remise en suspension sous l'action des vagues, et des courants, pour ainsi contribuer au remplacement des nutriments dissouts par de la matière particulaire (Conde *et al.*, 1991). De plus, les holothuries se sont révélées être des indicateurs biologiques très sensibles à une pollution chimique d'origine industrielle. Effectivement, elles sont parmi les premiers macro-échinodermes à disparaître dans les secteurs les plus exposés (Harmelin *et al.*, 1981 ; Francour, 1990).

II.5.3. Relation des holothuries aspidochirotés avec l'herbier de Posidonies

La présence de débris de feuilles et de rhizomes de Posidonies dégradés ou en en voie de dégradation dans le contenu digestif des holothuries, a été signalée par Mezali *et al.*, (2003) et Mezali (2008) ; ces animaux s'alimentent à partir d'éléments provenant de la litière et du "film" situé entre l'eau et le sédiment qui est composé d'éléments fins comme les fibres et les cellules à tannins isolés de Posidonies (*In* Mezali, 2008).

Il existe une certaine micro-répartition des holothuries aspidochirotés au sein des différents biotopes de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2004b ; 2005) (voir partie I.3 et Fig. 12). *Holothuria (H.) tubulosa* et *Holothuria (R.) poli* préfère les inter-mattes de Posidonies ; milieu peu protégé et influencé par l'hydrodynamisme qui disperse la nourriture, alors que *Holothuria (P.) forskali* et *Holothuria (P.) sanctori* préfèrent les tombant de mattes de Posidonies ; milieu protégé qui se caractérise par une grande disponibilité de nourriture (Mezali, 2004b ; 2008).

II.6. Mobilité

Bien que les holothuries soient considérées comme sédentaires, il est possible d'observer un gradient de mobilité entre des espèces presque immobiles, et celles capables de se déplacer assez

rapidement grâce à des contractions musculaires (Conand, 1991). Plusieurs espèces présentent des rythmes nycthémeraux marqués, en relation avec la nutrition (Yamanouchi, 1939 ; Hammond, 1982a), alors que d'autres présentent un comportement d'enfouissement associé à l'alimentation.

Pendant des cycles de 24 heures, le suivi de quelques individus permet de déterminer la distance parcourue et la vitesse moyenne par heure, ou par jour. La distance linéaire entre deux observations et l'angle par rapport à un repère sont mesurés, afin de connaître le trajet réel des individus d'holothuries (Conand, 1994). Les valeurs suivantes ont, ainsi, été obtenues pour ces espèces :

Stichopus japonicus : 5-20 cm/heure, soit 1,4 à 4,7 m/jour (Levin, 1982) ;

Stichopus californicus : 4 m/jour (Da Silva *et al.*, 1986) ;

Holothuria mexicana : 4,5 à 5,8 m/jour (Hammond, 1982b) ;

Lstiostichopus badionotus : 4,0 à 4,4 m/jour (Hammond, 1982b) ;

Stichopus parvimensis (sur sable) : 50 cm/heure (Muscat, 1983) ;

Stichopus parvimensis (sur rocher) : 10 cm/heure (Muscat, 1983).

Cela dit, il est nécessaire de souligner que les vitesses maximales sont observées, soit en réaction de fuite, soit pour des individus déplacés de leur milieu naturel (Kropp, 1982 ; Conand, 1994).

II.7. Intérêt économique et exploitation des holothuries

Pour certaines régions du monde, les holothuries constituent la ressource halieutique, la plus importante, pour l'économie et l'exportation de produits de la mer autres que les poissons. Les captures totales pour les régions de l'Asie et de l'Océanie sont de l'ordre de 20 000 à 40 000 tonnes par an ; les zones tempérées de l'hémisphère Nord prélèvent, aussi, une part considérable des prises mondiales (9 000 tonnes par an), alors que les prises d'holothuries sont relativement moins importantes en Afrique et dans l'océan Indien (2 000 à 25 000 tonnes par an), et elles sont particulièrement faibles en Amérique latine et dans la région des Caraïbes (moins de 1 000 tonnes par an) (Toral-Granda *et al.*, 2009) due à la non exploitation de ces espèces.

La majorité des holothuries sont récoltées et exportées afin d'approvisionner le marché de la « bêche-de-mer », qui constitue le produit le plus utilisé dans les repas à base d'holothuries (Samyn *et al.*, 2006 ; Toral-Granda, 2006). Le commerce de la « bêche-de-mer », est l'une des formes les plus anciennes de commerce dans les îles du Pacifique (Conand et Byrne, 1993) ; il vise essentiellement à satisfaire les marchés orientaux d'aliments de luxe. Les principaux pays de consommation sont la Chine, Hong Kong, Taïwan, Singapour, la Corée et la Malaisie (Ferdouse,

2004) ; *Holothuria scabra*, *Holothuria fuscogilva* et *Holothuria nobilis* sont les espèces, les plus prisées, avec un prix atteignant 15-40 USD le kilogramme (Bruckner, 2005b). La valeur globale des « bêtes-de-mer » importées et réexportées vers et de Hong Kong entre 1999 et 2005 était de 453 millions d'USD (In Toral-Granda, 2006). Les holothuries possèdent une valeur nutritionnelle élevée car elles sont riches en protéines, pauvres en lipides, riches en acides aminés et en oligo-éléments ; autant de caractéristiques qui en font un aliment très prisé (Chen, 2004).

En 2002, la production de « concombres de mer » en Chine a atteint un volume de 6335 tonnes, dont 5865 tonnes produites par des entreprises d'aquaculture (Chen, 2004). Toutefois, en 2004, l'élevage des « concombres de mer » en Chine est entré dans une nouvelle ère, avec une production totale de plus de 100.000 tonnes (poids frais) pour la seule province de Shandong (Toral-Granda, 2006). L'élevage se fait dans des zones restreintes, ensuite les juvéniles issus de ces élevages sont lâchés dans le milieu naturel où ils sont pêchés une fois qu'ils ont atteint la taille adulte (Jia et Chen, 2001). L'holothurie de sable *Holothuria scabra* a été identifiée comme l'une des espèces de « concombre de mer » les plus prometteuses pour l'aquaculture (Stutterd et Williams, 2003 ; Pitt et Dinh Quang Duy, 2004). Les résultats obtenus à ce jour avec d'autres espèces utilisées à titre expérimental dans des entreprises d'aquaculture ne se sont pas révélés positifs (Toral-Granda, 2006).

Les holothuries sont consommées non seulement pour leurs propriétés gustatives, mais également pour leurs vertus médicinales ; leurs chair est censée contenir des substances chimiques possédant des propriétés antibactériennes et antifongiques (Haug *et al.*, 2002 ; Jawahar *et al.*, 2002). Les holothuries recèlent divers composés chimiques utilisés pour prévenir l'anémie, combattre certaines formes de cancer, renforcer les défenses immunitaires et atténuer les douleurs arthritiques (Chen, 2004 ; Gana et Merca, 2002) ; l'Australie a même approuvée l'utilisation de certaines espèces d'holothuries pour le traitement de l'Arthrose, tandis que le Japon, a fait breveter le sulfate de chondroïtine tiré d'holothuries pour le traitement du sida (In Micael *et al.*, 2009).

CHAPITRE 2 :
MATERIELS ET METHODES

I. Objectifs de l'étude

La présente étude a été abordée selon deux axes : le premier axe concerne l'état de santé de l'herbier à *Posidonia oceanica*, évalué à travers la mesure de la densité et le suivi de la variation mensuelle de quelques paramètres phénologiques. Le second axe représente une étude sur la relation qui existe entre l'herbier à *Posidonia oceanica* et les holothuries inféodées à celui-ci, à travers une analyse du comportement alimentaire de ces animaux en estimant le taux de la matière organique du contenu digestif des holothuries, du sédiment de leurs biotopes, ainsi que de leurs fèces. Dans le même contexte concernant l'étude du comportement alimentaire des holothuries; une analyse granulométrique du sédiment ingéré par celles-ci, ainsi que du sédiment de leurs biotopes a été réalisée. Pour l'analyse du taux de la matière organique et de la granulométrie, notre choix s'est porté sur l'espèce *Holothuria (R.) poli*, pour la simple raison de sa forte densité au niveau du site de Stidia (observation personnel). Le comportement cryptique diurne de *Holothuria (P.) forskali* et *Holothuria (P.) sanctori* (Harmelin *et al.*, 1980) et la faible densité de *Holothuria (H.) tubulosa* au niveau du site étudié, ne nous a pas permis d'en récolter un nombre suffisant pour pouvoir effectuer toutes les analyses sur leurs comportement alimentaire. En plus, il nous fallait augmenter le temps de plongée afin de bien les rechercher, chose qui était pratiquement impossible sans scaphandre autonome. De ce fait, les quelques individus récoltés de *H. (H.) tubulosa*, *H. (P.) forskali* et de *H. (P.) sanctori*, n'ont fait l'objet que de l'analyse du taux de la matière organique.

II. Présentation des sites d'étude

Le sujet abordé au cours de ce travail à été réalisé sur deux sites différents. Le premier est situé à Stidia, tandis que le deuxième est situé à Hadjadj ; situés respectivement au Sud-ouest et au Nord-est de la ville de Mostaganem (Fig. 33).



Figure 33 : Situation géographique des sites étudiés (petites flèches) (Source : www.maps.google.com, 2011 ; modifiée).

II.1. Description du site de Stidia

Situé à une distance d'environ 20 Km au Sud-ouest de la ville de Mostaganem (Coordonnées géographiques : $35^{\circ} 49' N / 0^{\circ} 01' O$), le site de Stidia présente une zone rocheuse interrompue par quelques criques, parfois sableuses, ouverte vers le nord-ouest mais sa géomorphologie (il n'est pas assez abritée) le laisse tout de même exposé au vent dominant (Nord-est). Ce site est situé au pied d'une montagne et les quelques plages sableuses, qui y existent ont un linéaire côtier assez réduit et une largeur qui ne dépasse pas une quinzaine de mètre. Globalement, l'aspect sous-marin du site de Stidia est principalement constitué par une alternance de substrat rocheux, d'éboulis et de substrats sableux. L'herbier de *Posidonies* de ce site se développe à partir de -1,5 m de profondeur sur du substrat rocheux, succédant à de petites prairies de *Cymodocea nodosa*. L'herbier de *Posidonies* sur substrat meuble est moins fréquent au niveau des zones superficielles de ce site, son recouvrement est quasiment insignifiant par rapport à celui sur substrat dur.

Le site de Stidia est soumis à de nombreuses activités anthropiques pouvant avoir un impact sur les herbiers à *Posidonia oceanica* : occupation humaine (rejets et apports des zones habitées) (Fig. A voir Annexe), agriculture, tourisme en période estivale (baignade, plongée) et pêche (ancrage, chalutage) ; c'est les raisons pour lesquelles notre choix s'est porté sur ce site, d'autant plus qu'il est aisément accessible. Ce site est situé à environ 2 Km de la ville de Stidia qui compte aujourd'hui pas moins de 14000 habitants (source : www.citypopulation.de, 2012) ; les activités agricoles (principalement la vigne et la culture maraichères) de cette zone datent de l'ère

coloniale. Le site de Stidia est localisé entre deux grands ports, notamment celui de Mostaganem et celui du terminal d'Arzew. Ce qui constitue deux sources potentielles de pollution. Une canalisation de rejet des eaux usées de la ville de Stidia est entrain d'être installée (source : www.elwatan.com, 2012 ; Fig. B voir annexe) ; ces eaux usées seront directement rejetées dans l'eau de mer et vont engendrer un déversement de quantité importante de polluants au niveau du site de Stidia, chose qui constituera un facteur supplémentaire de perturbation de l'herbier de Posidonies. Il est à signaler que le méridien de Greenwich passe par la ville de Stidia (Fig. C voir annexe).

Notre étude est réalisée sur un herbier peu profond dans trois stations au niveau de ce site (Fig. 34) ; chaque station s'étale sur environ 500 m². La première (SS1) est située juste devant la zone habitée (à -1,5 m de profondeur) ; la deuxième (SS2) est à 200 m à l'ouest de la première (à -3 m de profondeur), tandis que la troisième station (SS3) est située à environs 400 m à l'ouest de la deuxième station (à -3 m de profondeur). Ces trois stations ont été choisies afin de suivre l'évolution mensuelle des paramètres phénologiques de la Posidonie, selon un gradient de pollution et pour établir une étude statistique comparative (ANOVA).



Figure 34 : Présentation des trois stations d'étude au niveau du site de Stidia. Station SS1 (A) ; station SS2 (B) et station SS3 (C). Endroits où les prélèvements ont été réalisés (flèches rouges). Photos prises en Septembre 2011.

II.2. Description du site de Hadjadj

Le site de Hadjadj est à une distance d'environ 40 Km au Nord-est de la ville de Mostaganem (Coordonnées géographiques : 36° 08' N / 1° 80' E). Situé entre deux embouchures, notamment celles de l'oued Chéliff et de l'oued Abid, ce site, (présente une zone sableuse ouverte vers le Nord exposée totalement au vent dominant Nord-Est), se caractérise par la présence d'un système dunaire vierge à l'état naturel. Quelques habitations (cabanons) sont construites sur ce cordon dunaire (ce qui est aujourd'hui interdit par l'UNESCO) ; par conséquent lors des périodes de mauvais temps, le sable envahit pratiquement tous les abords de ces cabanons, ainsi que toutes les ruelles (Fig. D voir annexe). Le linéaire côtier et la largeur des plages du site de Hadjadj sont assez importants. L'aspect sous-marin de ce site, est majoritairement constitué de substrat

sableux ; la présence de substrat rocheux n'est que ponctuel. Un herbier superficiel de Posidonies se développe à -0.7 m de profondeur (Fig. E, voir annexe), succédant à de très petites prairies de *Cymodocea nodosa* ; au-delà de -1 m de profondeur, l'herbier disparaît et laisse place à un substrat à caractère sableux. La présence d'un herbier plus profond est très probable, mais il était difficile pour nous de s'en assurer (cela demande une investigation sous marine par plongée en scaphandre autonome, chose qui n'a été pas à notre portée).

Notre choix s'est porté sur le site de Hadjadj parce qu'il est facilement accessible et que les activités pouvant avoir un impact sur l'herbier à *Posidonia oceanica* de ce site, sont de moindre importance par rapport à ceux de Stidia : le nombre d'habitation est réduit d'autant plus que leurs occupation n'est qu'en période estivale (les rejets ne sont pas importants) ; étant donné la très faible profondeur de l'herbier, l'activité de la pêche ne peut avoir aucun impact. Le site de Hadjadj est situé à environ 10 Km de la ville Hadjadj, qui compte environ 18000 habitants (source : www.citypopulation.de, 2012). Cette région constitue une zone agricole par excellence (principalement la vigne et la culture maraichères) depuis l'ère coloniale.

On a réalisé notre étude sur l'herbier superficiel (-0.7 m) dans trois stations au niveau de ce site (Fig. 35) ; chacune des stations s'étale sur à peu près 200 m². La première station (HS1) est localisée à l'Est de ce site, la deuxième (HS2) est à environ 100 m à l'Ouest de la première, située juste devant l'endroit du rejet des déchets ménagers des cabanons (Fig. F, voir annexe), tandis que la troisième (HS3) est à environ 50 m à l'Ouest de la deuxième station. Comme pour les stations du site de Stidia, les trois stations du site de Hadjadj ont été choisies afin de suivre l'évolution mensuelle des paramètres phénologiques étudiées, ainsi que la densité des faisceaux de Posidonie, selon un gradient de pollution et pour établir une étude statistique comparative (ANOVA).

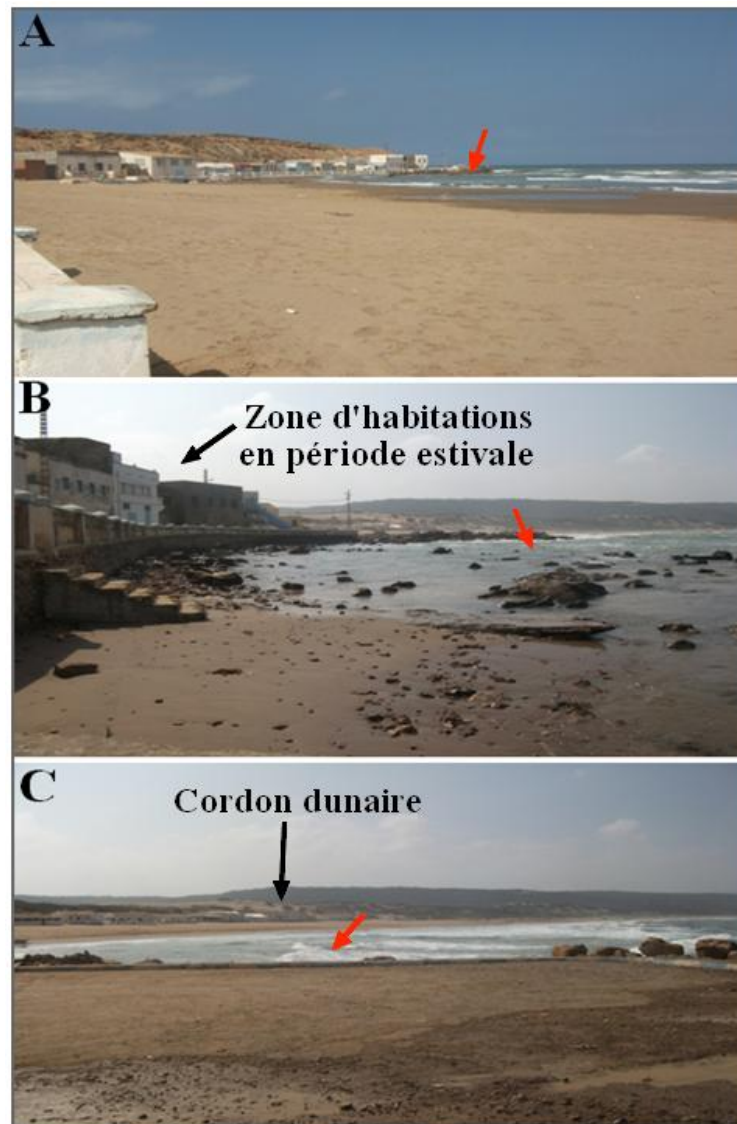


Figure 35 : Présentation des trois stations d'étude au niveau du site de Hadjadj. Station HS1 (A) ; station HS2 (B) et station HS3 (C). Endroit où les prélèvements sont réalisés (flèches rouges). Photos prises en Septembre 2011.

III. Echantillonnage et traitement des échantillons

Au cours de cette étude, l'échantillonnage a été effectué uniquement par plongée en apnée. Les méthodes d'échantillonnage qu'on va décrire sont utilisées pour l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj.

III.1. Densité de l'herbier de Posidonies

La densité de l'herbier correspond au nombre de faisceaux par unité de surface (m^2) (Giraud, 1977a ; 1977b). Au niveau des trois stations du site de Hadjadj et de la station SS1 du site de Stidia (sans scaphandre autonome, il été impossible de mesurer la densité de l'herbier de Posidonies, à -3 m de profondeur au niveau des stations SS2 et SS3 du site de Stidia). On a

effectué la mesure de la densité de l'herbier grâce au décompte direct des faisceaux à l'intérieur d'un quadra de 25 cm de côté (Fig. 36) et cela en juin 2011. Afin d'arriver à une stabilisation de la moyenne, 10 mesures ont été effectuées au hasard à l'intérieur de l'herbier homogène (Panayotidis, 1980 ; Panayotidis et Giraud, 1981), au niveau des stations de chaque site. Les faisceaux en division sont comptabilisés comme séparés (Giraud, 1977b). On calcul la moyenne des valeurs obtenues qui est ensuite extrapolée au mètre carré ; la densité moyenne de l'herbier de Posidonie est ainsi estimée. La densité mesurée permet de déduire le type d'herbier et la sa description, selon la classification de Giraud (1977b) (Tab. 4).



Figure 36 : Décompte des faisceaux de Posidonies à l'intérieur du quadra de 25 x 25 cm. Photo prise au site de Hadjadj, en Juin 2011.

Tableau 4 : Classement des herbiers à *Posidonia oceanica* en fonction du nombre de faisceaux / m² (d'après Giraud, 1977b).

Type d'herbier	Densité (nombre de faisceaux / m ²)	Description
Type I	Plus de 700	Herbier très dense
Type II	400 à 699	Herbier dense
Type III	300 à 399	Herbier clairsemé
Type IV	150 à 299	Herbier très clairsemé
Type V	50 à 149	Semi-herbier
Type VI	moins de 50	faisceaux isolés

Toutefois, si l'échelle de Giraud (1977b) permet de caractériser un herbier de Posidonie, elle n'intègre pas le facteur profondeur, ce qui la rend peu adaptée à la prise en compte de la densité comme paramètre descripteur de la vitalité de l'herbier. En effet, une densité de 500 faisceaux / m² (soit un herbier dense) n'aura pas la même signification écologique, si elle est mesurée à -5 m ou à -20 m de profondeur, d'autant plus que la variabilité du facteur densité est expliquée à 54% par la profondeur (les 46% de variabilité restant sont liés à d'autres paramètres comme la turbidité moyenne, la pollution, l'hydrodynamisme ou la nature du substrat) (Pergent *et al.*, 1995). La classification proposée par Pergent *et al.*, (1995), intégrant la profondeur, a donc été aussi utilisée (Tab. 5).

Compte tenu de la présence d'un herbier de Posidonie sur substrat meuble au niveau de quelques zones du site de Stidia ; on a estimé qu'il été intéressant d'effectuer des mesures supplémentaires de la densité dans une station située au niveau de ces zones (cette station est appelée SSM et l'herbier de Posidonies y est à -1.5 m de profondeur), afin de la comparer aux autres stations étudiées.

Tableau 5 : Classification de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la profondeur. Prof = profondeur (m) ; DA = densité anormale, DSI = densité subnormale inférieure, DN = densité normale (en gras), DSS = densité subnormale supérieure (d'après Pergent *et al.*, 1995).

Prof.	DA	DSI	DN	DSS	Prof.	DA	DSI	DN	DSS
1	← 822	↔	934 ↔ 1158	→	21	← 48	↔	160 ↔ 384	→
2	← 646	↔	758 ↔ 982	→	22	← 37	↔	149 ↔ 373	→
3	← 543	↔	655 ↔ 879	→	23	← 25	↔	137 ↔ 361	→
4	← 470	↔	582 ↔ 806	→	24	← 14	↔	126 ↔ 350	→
5	← 413	↔	525 ↔ 749	→	25	← 4	↔	116 ↔ 340	→
6	← 367	↔	479 ↔ 703	→	26		↔	106 ↔ 330	→
7	← 327	↔	439 ↔ 663	→	27		↔	96 ↔ 320	→
8	← 294	↔	406 ↔ 630	→	28		↔	87 ↔ 311	→
9	← 264	↔	376 ↔ 600	→	29		↔	78 ↔ 302	→
10	← 237	↔	349 ↔ 573	→	30		↔	70 ↔ 294	→
11	← 213	↔	325 ↔ 549	→	31		↔	61 ↔ 285	→
12	← 191	↔	303 ↔ 527	→	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	→

III.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques

Les prélèvements sont effectués pour l'ensemble des stations des deux sites d'étude, à la même période pour qu'ils puissent être comparés. Chaque mois, de Février 2011 à Juillet 2011, dix faisceaux sont prélevés par plongée en apnée. Les rhizomes sont orthotropes et distants de 50 cm à 1 m les uns des autres, pour éviter de récolter des individus rattachés à un même rhizome plagiotrope encore vivant (Pergent, 1987). Les faisceaux sont conservés dans de l'eau de mer formolée à 10 % jusqu'à leurs études au laboratoire.

Chaque faisceau prélevé est décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles (Fig. 37). En fonction de la maturité des feuilles, celles-ci sont classées selon les trois catégories définies par Giraud, (1977a) (voir chapitre I partie II.1.4.1) :

- Les feuilles adultes, pourvues d'un pétiole (pétiole supérieur ou égal à 2 mm) et mesurant plus de 50 mm de long ;
- Les feuilles intermédiaires, dépourvues de pétiole et mesurant plus de 50 mm de long ;
- Les feuilles juvéniles, dépourvues de pétiole et mesurant moins de 50 mm de long.

Pour chaque feuille, on a réalisé les mesures suivantes (Fig. 37) :

- La longueur totale de la feuille ;
- La longueur du pétiole ;
- La largeur de la feuille.

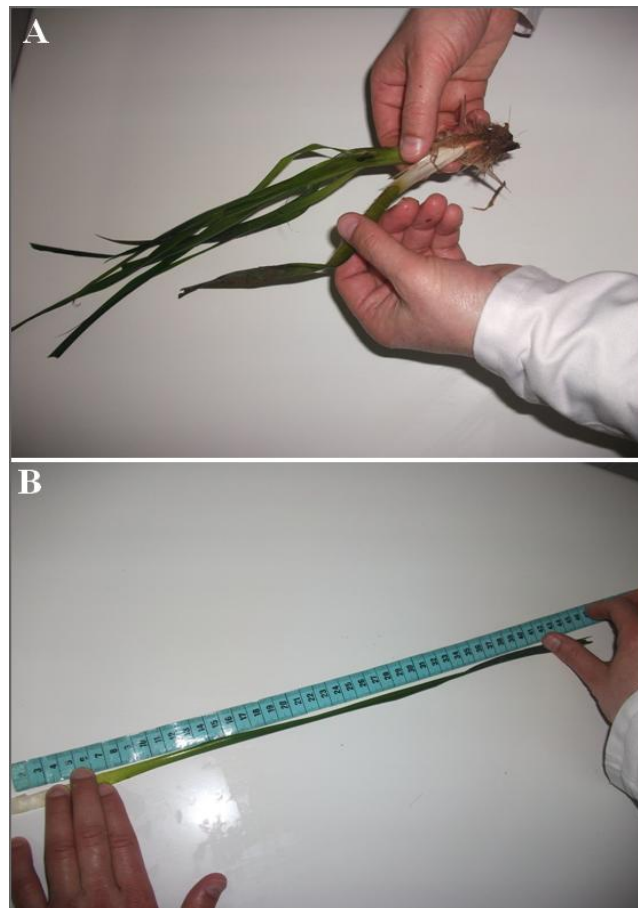


Figure 37 : Etapes de traitement des faisceaux de Posidonies pour l'étude de la phénologie. Décortication d'un faisceau de Posidonie (A) ; mesure d'une feuille de Posidonie (B).

Lorsque les mesures portant sur l'ensemble des faisceaux sont terminées, les différents paramètres relatifs à la phénologie sont calculés à savoir : (1) le nombre moyen de feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales (adultes + intermédiaires) par faisceau ; (2) la longueur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globale (adultes + intermédiaires) par faisceau ; (3) la largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globale (adultes + intermédiaires) par faisceau ; (4) la longueur moyenne des pétioles et (5) le coefficient A, qui correspond au pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex, selon Giraud (1977a). En effet, l'extrémité des feuilles (ou apex) peut être entière ou brisée, ce qui correspond soit à une consommation par les herbivores (Nedelec, 1982 ; Zupo et Fresi, 1984), ou à un arrachage par l'effet d'un très fort hydrodynamisme, favorisé par la présence des épiphytes qui vont fragilisé les feuilles de Posidonies (Eugene, 1978 ; Mazzella *et al.*, 1981 ; 1991). L'état des apex, apporte donc des indications, pour un site donné, sur le taux de broutage et par conséquent l'importance des populations herbivores et (6) la surface foliaire exprimée en cm²/faisceau (Drew, 1971 ; Drew et Jupp, 1976) qui est calculée pour chaque catégorie de feuille de Posidonies à partir des équations suivantes :

- **Pour les feuilles adultes :**

$$\boxed{\text{SFA} = [\sum (\text{LFA} \times \text{IFA}) \text{ par faisceau}] / \text{nombre des faisceaux}}$$

Avec : **SFA** = Surface Foliaire moyenne des feuilles Adultes ; **LFA** = Longueur moyenne des Feuilles Adultes ; **IFA** = Largeur moyenne des Feuilles Adultes.

- **Pour les feuilles intermédiaires :**

$$\boxed{\text{SFI} = [\sum (\text{LFI} \times \text{IFI}) \text{ par faisceau}] / \text{nombre des faisceaux}}$$

Avec : **SFI** = Surface Foliaire moyenne des feuilles Intermédiaires ; **LFI** = Longueur moyenne des Feuilles Intermédiaires ; **IFI** = Largeur moyenne des Feuilles Intermédiaires.

- **Pour les feuilles juvéniles :**

$$\boxed{\text{SFJ} = [\sum (\text{LFJ} \times \text{IFJ}) \text{ par faisceau}] / \text{nombre des faisceaux}}$$

Avec : **SFJ** = Surface Foliaire moyenne des feuilles Juvéniles ; **LFJ** = Longueur moyenne des Feuilles Juvéniles ; **IFJ** = Largeur moyenne des Feuilles Juvéniles.

- **Pour les feuilles globales (adultes et intermédiaires) :**

$$\boxed{\text{SFG} = \text{SFA} + \text{SFI}}$$

Avec : **SFG** = Surface Foliaire moyenne des feuilles Globales.

Connaissant la densité, l'Indice Foliaire (IF) est calculé en multipliant la surface foliaire par la densité ; il est alors exprimé en m^2/m^2 .

III.3. Comportement alimentaire des holothuries aspidochirotés inféodés aux herbiers de Posidonies étudiés

Compte tenu de la difficulté rencontrée dans la collecte des espèces en raison de leur comportement cryptique diurne (Harmelin *et al.*, 1980) et des fèces par manque de moyens d'investigations sous-marines. L'échantillonnage effectué par plongée en apnée, a été réalisé en Juillet 2011 à temps calme uniquement pour le site de Stidia, à des petites profondeurs (variant de -1 à -3 m).

III.3.1. Analyse du taux de la matière organique

Des prélèvements d'un lot de 10 individus, a été effectué pour chacune des espèces suivantes : *Holothuria (Holothuria) tubulosa* ; *Holothuria (Lessonothuria) poli* ; *Holothuria (Platyperona) sanctori* ; *Holothuria (Panningothuria) forskali*. En même temps, on a prélevé les premiers millimètres du Sédiment du Biotope (SB) au niveau duquel se trouvent ces espèces, ainsi que les fèces (F) se trouvant à proximité des individus de chaque espèce. Chaque échantillon a été mis isolement dans des sachets en plastique afin de les traiter ultérieurement.

Les holothuries collectées ont été mesurées en prenant comme critère de mesure la longueur contractée (Mezali, 2001). Après dissection longitudinale des holothuries, le tube digestif de chaque individu est ouvert par une incision longitudinale et son Contenu Digestif (CD) est soigneusement collecté (Fig. 38). Le taux de la matière organique dans le sédiment du contenu digestif est déterminé selon le protocole préconisé par Massin, (1980).

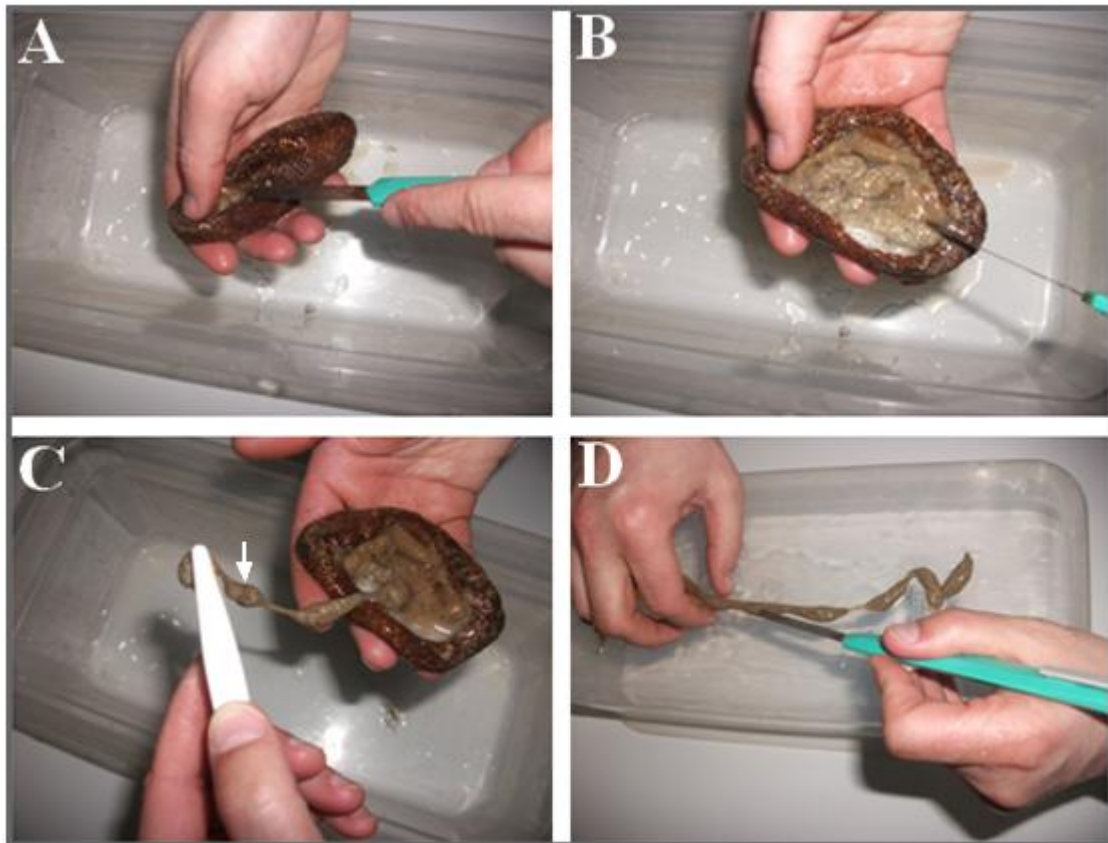


Figure 38 : Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du taux de la matière organique. Dissection longitudinale d'une holothurie (**A et B**) ; collecte du tube digestif (flèche) (**C**) ; incision du tube digestif (**D**).

Les échantillons sont séchés dans une étuve (de type HERAEUSE) à 105 °C pendant 24 heures, puis pesés sur une balance de précision (de type DENVER INSTRUMENT M-220D) pour ainsi obtenir le Poids Sec (PS). Les échantillons sont, ensuite, incinérés dans un four à moufle (de type CARBOLITE CWF 1200) à 550 °C pendant 2 heures, puis pesés une deuxième fois afin d'obtenir le Poids Brulé (PB). La formule suivante qui permet d'obtenir le pourcentage de la matière organique (Massin, 1980) a été utilisé :

$$\boxed{\text{La matière organique (\%)} = (1 - \text{PB} / \text{PS}) \times 100}$$

Le même protocole est utilisé pour le sédiment du biotope, où vivent les holothuries ainsi que pour les fèces émises par celles-ci.

L'analyse du taux de la matière organique a été réalisée au sein du laboratoire de chimie marine de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL, station marine de Sidi Fredj).

III.3.2. Analyse granulométrique

Des prélèvements de 20 individus d'*Holothuria (L.) poli* ont été effectués. En même temps, le sédiment des premiers millimètres de profondeur, du biotope sur lequel se trouve l'espèce, a été prélevé. Les autres espèces d'holothurie n'ont pas été considérées, pour cette analyse du faite de la difficulté de leurs récoltes (voir Chapitre II, partie I).

Après dissection longitudinale des holothuries, les tubes digestifs de chaque individu sont prélevés et leurs contenus sont soigneusement collectés. Afin d'avoir une quantité suffisante de sédiment sec ($\geq 150\text{g}$), le sédiment du contenu digestif des 20 individus est poolé (d'après le protocole de Roberts, 1979). Le sédiment est ensuite séché à l'étuve (24 h à 105°C), ensuite pesé pour avoir le poids initial. La fraction fine est obtenue par tamisage humide, à l'aide d'un tamis de mailles $40\ \mu\text{m}$. La partie restante est de nouveau séchée à l'étuve, pesée (poids final) puis tamisée mécaniquement sur une série de tamis correspondant à la série AFNOR (Fig. 39). Chaque refus de tamis est pesé et exprimé en pourcentage par rapport au poids initial (Fig. 40). Le pourcentage des différentes fractions : très grossière ($> 2000\ \mu\text{m}$), grossière ($600 - 2000\ \mu\text{m}$), moyenne ($200 - 600\ \mu\text{m}$), fine ($60 - 200\ \mu\text{m}$) et très fine ($40 - 60\ \mu\text{m}$) (Berthois, 1975) sont ainsi déterminées. Ce protocole est, également, utilisé pour le sédiment ambiant sur lequel vivent les holothuries.

L'analyse granulométrique a été réalisée au laboratoire de sédimentologie de l'université de Nice Sophia Antipolis (France)



Figure 39 : Matériels utilisés pour l'analyse granulométrique réalisée au laboratoire de sédimentologie de l'université de Nice Sophia Antipolis. Tamiseuse mécanique de type OCTAGON (A) ; série de tamis correspondant à la série AFNOR (B).



Figure 40 : Refus de tamis obtenu après tamisage mécanique (flèche).

La sélectivité des holothuries dans le choix de la taille des grains de sédiment, a été étudiée à travers le calcul de l'**Indice d'électivité** (E') par classe de taille. Cet indice nous permet d'apprécier le degré de sélection des différentes fractions granulométriques du sédiment par *Holothuria (L.) poli*, lors de son alimentation. Sa formule est la suivante :

$$E' = (r_i - p_i) / (r_i + p_i)$$

Avec : E' = Indice d'électivité ; r_i = pourcentage des grains de sédiment du contenu digestif des holothuries ; p_i : pourcentage des grains de sédiment du biotope.

Lorsque $E' = 0$, cela signifie qu'il n'existe pas de sélectivité pour les grains de sable ; lorsque est compris entre $-1 < E' < 0$, ceci indique qu'il y a un rejet ; lorsque E' est compris entre $0 < E' < 1$, indique une préférence (Ivlev, 1961 ; Whitlatch, 1974 *In* Stamhuis *et al.*, 1998).

III.4. Analyses statistiques des données

La totalité des données obtenue au cours de notre travail a été saisie sous le logiciel Microsoft Excel, afin de calculer les différents paramètres descriptifs utilisés (moyenne arithmétique, variance...). Le traitement statistique des données a, ensuite, été réalisé avec le logiciel STATGRAPHICS V.8 (Statistical Graphics Corporation, 2001). Une ANOVA à un seul critère de classification ("one way analysis of variance" = ANOVA) a été utilisée pour tester la différence entre les densités de Posidonies au niveau des stations des deux sites (Stidia et Hadjadj). Afin de mettre en évidence les variations des paramètres phénologiques en fonction des Mois et des stations, nous avons utilisé l'analyse de variance à deux critères de classification ("two ways analysis of variance" = ANOVA) (Dagnelie, 1973 ; 1975 ; Underwood, 1981), suivi du test HSD

de Tukey, qui fait la comparaison des moyennes deux à deux. Ensuite, une ANOVA à un seul critère de classification a été également utilisée, afin de mettre en évidence la différence entre les taux de la matière organique du contenu digestif chez les espèces d'holothuries étudiées. Les principales statistiques utilisées sont décrites dans les paragraphes suivants.

III.4.1. Paramètres descriptifs

On a résumé les observations quantitatives (comptages, mensurations) obtenues, sous forme de quelques paramètres, à savoir la moyenne et l'écart type (moyenne \pm écart-type).

III.4.1.1. Calcul de la moyenne arithmétique

La moyenne, ou paramètre de position, sert à caractériser l'ordre de grandeur des observations ; (Dagnelie, 1973). Le calcul de la moyenne est réalisé à partir de formule suivante :

$$m = \sum xi / n$$

Avec : m = moyenne arithmétique ; x_i = valeurs observées ; n = nombres d'observations.

III.4.1.2. Calcul de la variance et de l'écart-type

Le calcul de la variance d'une variable discrète composée de n observation est réalisé à partir de la formule suivante :

$$S^2 = \sum (x_i - m)^2 / n$$

Avec: S^2 = variance.

L'écart-type (ou paramètre de dispersion) permet de chiffrer la variation autour du paramètre de position qui est la moyenne (Dagnelie, 1973). L'écart-type est la racine carrée de la variance, sa formule est la suivante :

$$S = \sqrt{(x_i - m)^2 / n}$$

Avec : S = écart-type.

III.4.2. Analyse de la variance (ANOVA)

L'analyse de variance a pour but de comparer les moyennes de plusieurs populations supposées normales et de même variance, à partir d'échantillons aléatoires, simples et indépendants (Dagnelie, 1973 ; 1975 ; Underwood, 1981). Cette analyse permet de vérifier si la source de

variation est liée uniquement à la variabilité à l'intérieur des échantillons, ou bien si le facteur contrôlé introduit une variation entre les échantillons (Dodge, 1993 ; In Mezali, 2008).

III.4.3. Test HSD de Tukey

Lorsqu'on rejette l'égalité des moyennes à l'issue d'une analyse de variance, on recherche généralement les moyennes qui diffèrent significativement des autres ; plusieurs tests sont alors possibles. On a employé le test HSD de Tukey. Ce dernier est un test *a posteriori* de comparaison multiple fondé sur les résultats d'une série de comparaisons de moyennes prises deux à deux (Scherrer, 1984).

CHAPITRE 3 :
RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats

I.1. Caractéristiques et densités des herbiers de Posidonies des sites étudiés

L'herbier de Posidonies de Stidia au niveau des stations SS2 et SS3, se présente sous la forme d'une prairie plus ou moins continue qui s'étend sur environ 400 m de longueur et une quinzaine de mètres de largeur. Si on se réfère aux types d'herbiers décrits par Boudouresque *et al.*, (2006), l'herbier de Posidonies dans ces deux stations de Stidia correspond à un herbier de plaine (Fig. 14), mais à faible recouvrement. Les caractéristiques morpho-structurales de l'herbier de Posidonies, au niveau des stations (SS1 et SSM) du site de Stidia, ne ressemblent à aucun des 7 types d'herbiers décrits par Boudouresque *et al.*, (2006). Ces herbiers sont constitués de plusieurs touffes (ou taches) plus ou moins circulaires, d'une superficie variable d'un endroit à l'autre (allant de 50 cm² à une dizaine de m²). Les mêmes caractéristiques des herbiers de Posidonies des stations SS1 et SSM du site de Stidia sont observés au niveau des trois stations (HS1, HS2 et HS3) du site de Hadjadj ; seulement, le recouvrement y est moins important.

La figure 41 montre que les valeurs de densité obtenues au niveau du site de Hadjadj sont supérieures à ceux obtenues au niveau du site de Stidia. Par ailleurs, l'analyse statistique de la densité moyenne des herbiers du site de Stidia, montre une différence hautement significative entre les différentes stations (ANOVA, à $P < 0.01$). Afin de mieux déceler ces différences, on a utilisé le test de Tukey pour une comparaison de la densité entre les stations. Ainsi, on a obtenu une différence significative entre la densité calculée dans la station SS1 et celle de SSM ($P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). C'est la station SS1 qui présente la plus faible valeur de la densité moyenne (Fig. 41 ; Tab. 6). Cependant, au niveau du site de Hadjadj, c'est la station HS2 qui présente la plus basse valeur de densité moyenne, alors que la plus forte valeur est enregistrée au niveau de la station HS1 (Fig. 41 ; Tab. 6). Par contre, dans toutes les stations de Hadjadj, les densités calculées par stations (HS1, HS2 et HS3) sont significativement différentes entre elles en appliquant le test de Tukey HSD ($P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Ceci se vérifie par l'application de la classification de Giraud (1977b) sur les herbiers de chaque site ; On constate que les herbiers de chaque station correspondent chacun à un type d'herbier spécifique (Tab. 6). Cependant, si on applique la classification proposée par Pergent *et al.*, (1995), intégrant l'effet de la profondeur sur la densité de l'herbier, les valeurs de la densité dans l'ensemble des stations des deux sites étudiés, correspondent à des densités anormales (Tab. 6).

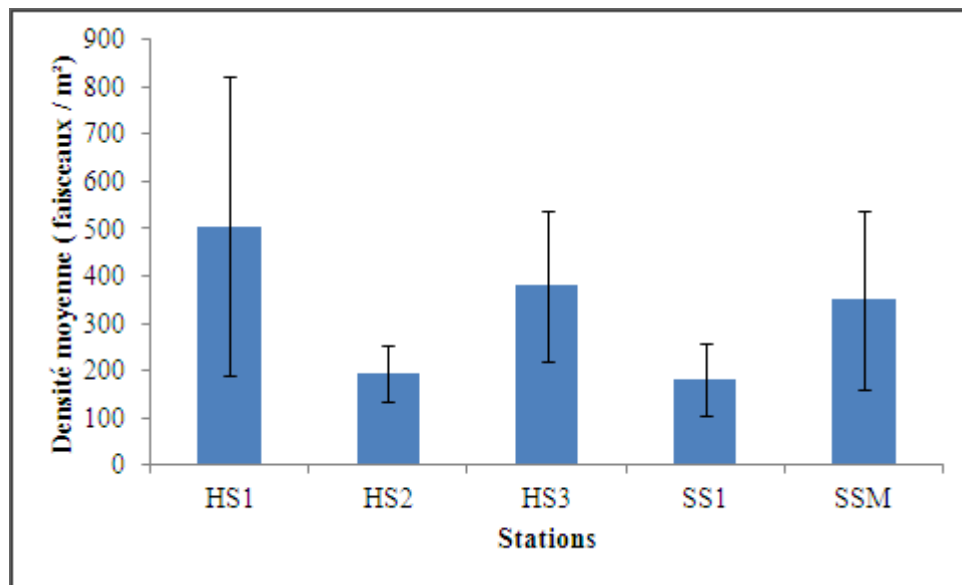


Figure 41 : Densité moyenne des faisceaux de *Posidonia oceanica* dans l'ensemble des stations des sites de Stidia (SS1 & SSM) et de Hadjadj (HS1, HS2 & HS3).

Tableau 6 : Classification des herbiers de Posidonies dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj, selon Giraud (1977b) et Pergent *et al.*, (1995). (Voir la liste des abréviations).

Stations	Densité moyenne (faisceaux / m ²)	Classification de l'herbier	
		Selon Giraud (1977b)	Selon Pergent <i>et al.</i> , (1995)
HS1	(505.6 ± 316.98)	Type II	Anormale
HS2	(193.6 ± 59.13)	Type IV	Anormale
HS3	(379.2 ± 157.50)	Type III	Anormale
SS1	(181.4 ± 75.40)	Type IV	Anormale
SSM	(350.8 ± 188.57)	Type III	Anormale

I.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques

I.2.1. Nombre moyen de feuilles par faisceau

I.2.1.1. Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par faisceau

Au niveau de chaque station du site de Stidia, le nombre moyen de feuilles globales par faisceau varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$). Ce nombre augmente progressivement de la fin de l'hiver (début Mars) jusqu'à la fin du printemps (Mai) pour l'ensemble des stations (Fig. 42). Le nombre moyen de feuilles globales par faisceau est significativement différent entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$) ; c'est la station SS1 qui a un nombre moyen de feuilles globales significativement plus faible que celui des deux autres stations (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A voir annexe). Ce paramètre présente un maximum en Mai au niveau de la station SS2 (8.9 ± 0.99) et un minimum en Mars au niveau de la station SS1 (5.6 ± 0.70) (Tab. B, voir annexe). Au niveau de chaque station du site de Hadjadj, le nombre moyen de feuilles globales par faisceau varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$) ; il diminue de Février à Avril puis il augmente progressivement pour atteindre un maximum en Juin (Fig. 42). Le nombre moyen de feuilles globales par faisceau est significativement différent entre les stations du site de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$) ; selon les résultats du test de Tukey HSD, c'est les stations HS1 et HS3 qui ont le nombre moyen de feuilles globales significativement plus faible que celui de la station HS2. Le maximum de ce paramètre est en Juin au niveau de la station HS2 (8.7 ± 1.06) et le minimum en Mars et Avril respectivement au niveau des stations HS1 (7.1 ± 1.29) et HS3 (7.1 ± 0.88) (Tab. B, voir annexe). Les résultats montrent que le site de Hadjadj présente un nombre moyen de feuilles globales supérieur à celui du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

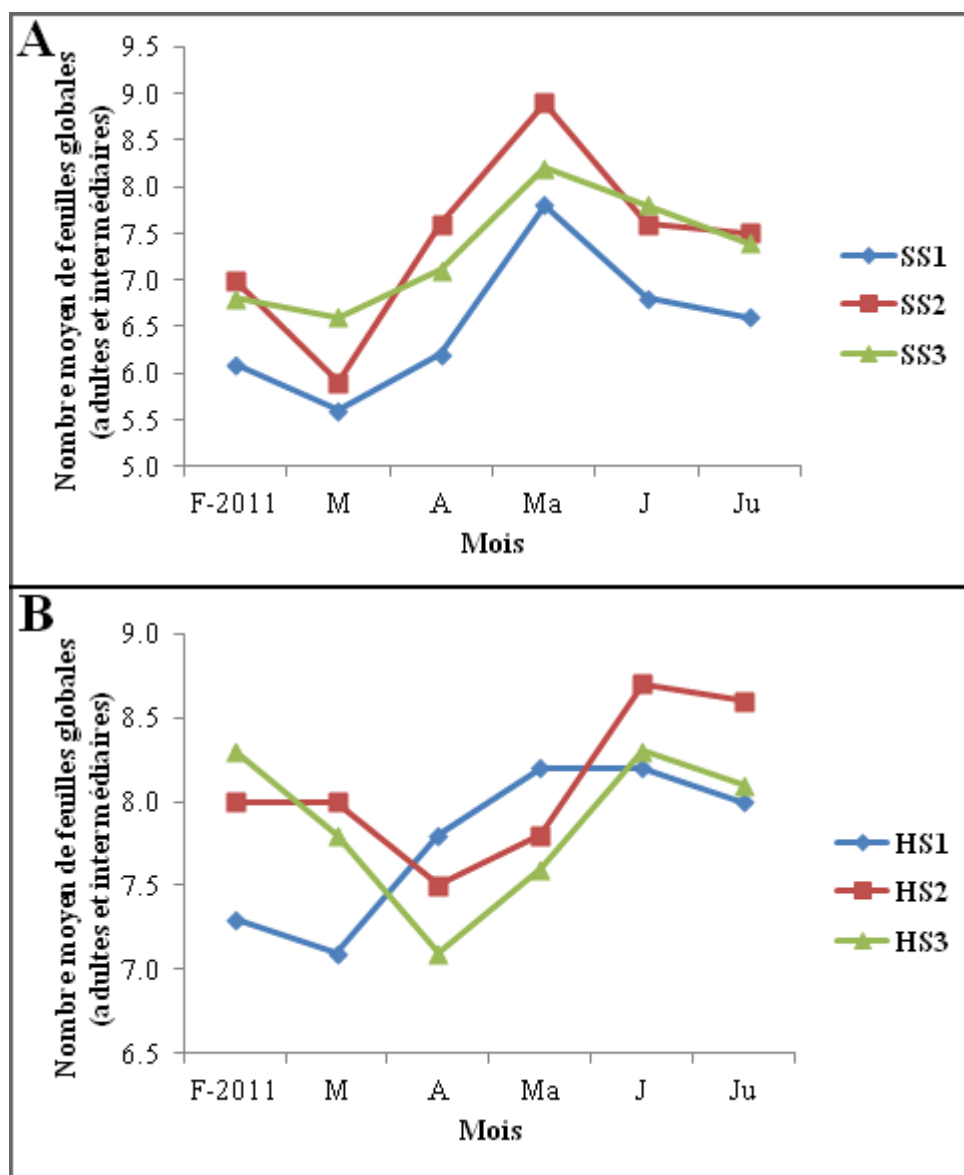


Figure 42 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* par faisceau dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj (B).

I.2.1.2. Nombre moyen de feuilles adultes par faisceau

Le nombre moyen de feuilles adultes par faisceau pour l'ensemble des stations du site de Stidia, varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$). Dans l'ensemble des stations de ce site, il augmente progressivement à partir de la fin de l'hiver (Février) pour atteindre une valeur maximale au printemps (Mai) (Fig. 43). Le nombre moyen de feuilles adultes par faisceau montre une différence significative entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$) ; c'est la station SS1 qui a un nombre moyen de feuilles adultes significativement plus faible que celui des stations SS2 et SS3 du site de Stidia (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Ce paramètre présente un maximum en Mai au niveau de la station SS2 (4.5 ± 0.52) et un minimum en Février au niveau de

la station SS1 (2.2 ± 0.42) (Tab. B, voir annexe). Dans l'ensemble des stations du site de Hadjadj, le nombre moyen de feuilles adultes par faisceau varie également en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$) ; il augmente progressivement à partir du mois de Février jusqu'au mois de Juin (Fig. 44). Il existe une différence entre le nombre moyen de feuilles adultes de *Posidonia oceanica* étudiée des trois stations du site de Hadjadj. Selon les résultats du test de Tukey HSD, ce nombre est significativement plus grand au niveau de la station HS2 par rapport aux stations HS1 et HS3 (Tab. A, voir annexe). Ce paramètre présente un maximum au mois de Juin au niveau de la station HS2 (4.6 ± 0.84) et un minimum en Février au niveau de la station HS3 (2.8 ± 1.14) (Tab. B, voir annexe). Cependant, le nombre moyen de feuilles adultes est supérieur au niveau du site de Hadjadj par rapport à celui de *Stidia* (ANOVA, à $P < 0.01$).

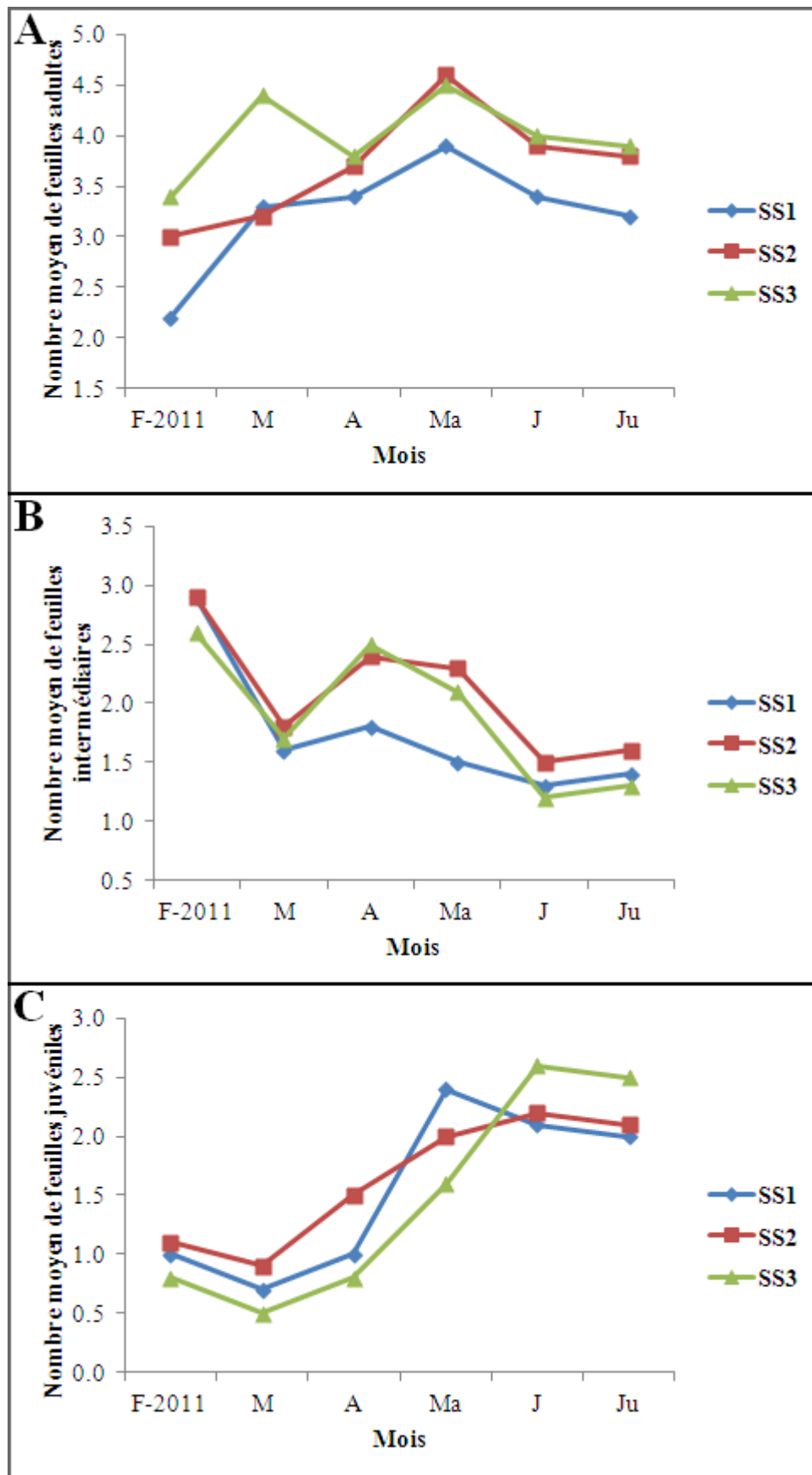


Figure 43 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) par faisceau dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia.

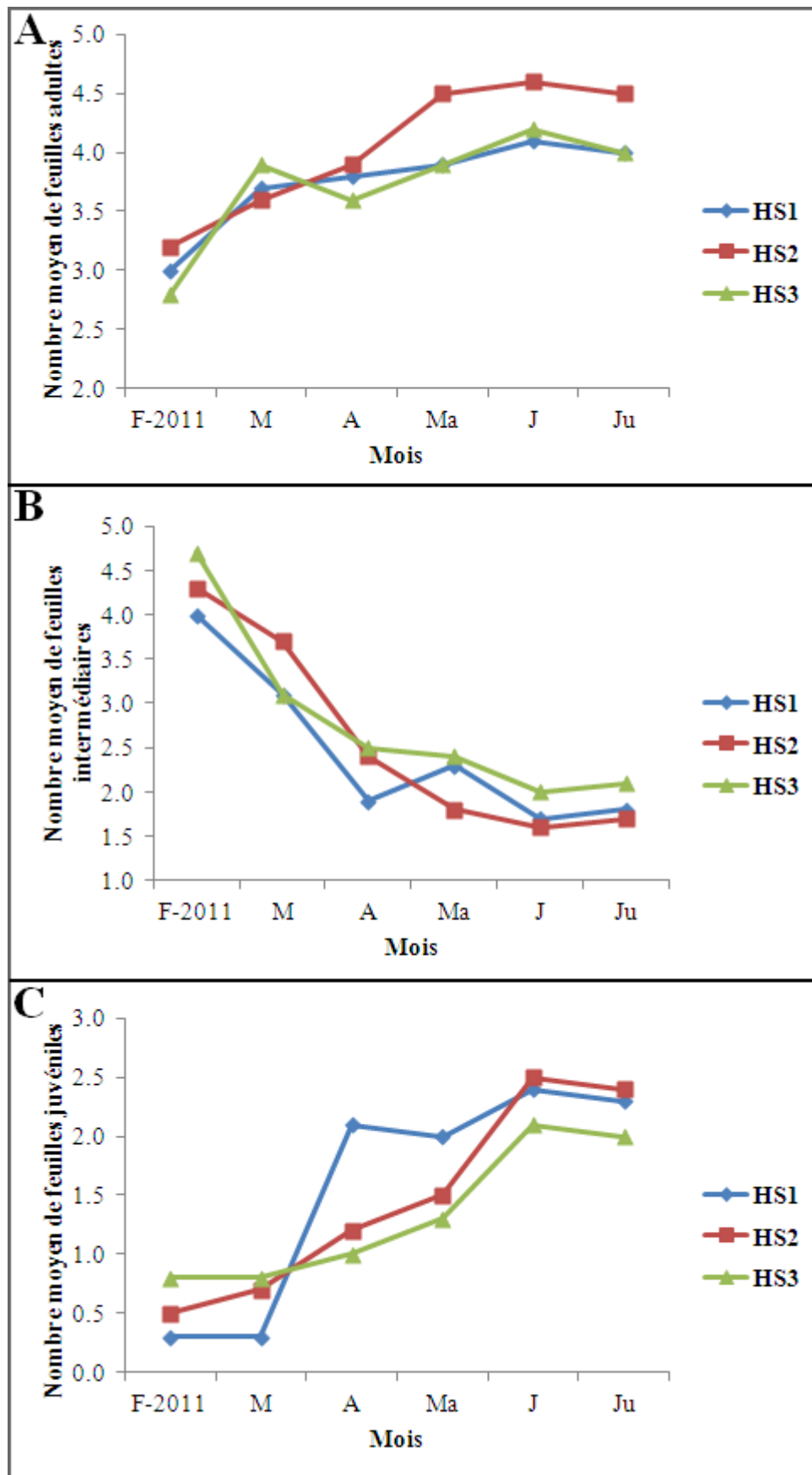


Figure 44 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) par faisceau dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj.

I.2.1.3. Nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau

Le nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau pour l'ensemble des stations du site de Stidia montre une variation mensuelle (ANOVA, à $P < 0.01$). Il diminue progressivement de la fin de l'hiver (Février) pour atteindre un minimum en Juin dans l'ensemble des stations. Cependant, les stations SS2 et SS3 présentent une autre augmentation en printemps (Avril-Mai), mais celle-ci ne dépasse pas le pic de Février (Fig. 43). Le nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau montre une différence significative entre les stations du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$). C'est la station SS1 qui a un nombre moyen de feuilles intermédiaires significativement faible par rapport à celui des stations SS2 et SS3 (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Ce paramètre présente un maximum en Février au niveau des stations SS1 et SS2 (2.9 ± 0.99) et un minimum en Juin au niveau de la station SS3 (1.2 ± 0.63) (Tab. B, voir annexe). Au niveau des trois stations du site de Hadjadj, le nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau présente une variation mensuelle (ANOVA, à $P < 0.01$), il diminue progressivement à partir du mois de Février jusqu'au mois Juin pour l'ensemble des stations (Fig. 44). La différence entre le nombre moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* étudiée dans les trois stations du site de Hadjadj est significative (ANOVA, à $P < 0.05$). Ce nombre est significativement plus faible au niveau de la station HS1 par rapport aux stations HS2 et HS3 (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Cependant, dans l'ensemble de ces stations le maximum du nombre moyen de feuilles intermédiaires est observé en Février au niveau de la station HS3 (4.7 ± 1.25), alors que le minimum est observé en Juin au niveau de la station HS2 (1.6 ± 0.70) (Tab. B, voir annexe). Le nombre moyen de feuilles intermédiaires est plus important au niveau du site de Hadjadj par rapport à celui de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.1.4. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau

Le nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau pour l'ensemble des stations du site de Stidia, montre une différence significative entre les mois (ANOVA, à $P < 0.01$). Cependant, dans l'ensemble l'évolution de ce paramètre est similaire dans toutes les stations du site de Stidia ; il augmente progressivement à partir de la fin de l'hiver début du printemps (Février-Mars) pour atteindre un maximum en Juin (Fig. 43). Aussi, le nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau ne change pas d'une façon significative entre les trois stations (ANOVA, à $P = 0.1$), il présente un maximum en Juin au niveau de la station SS3 (2.6 ± 1.07) et un minimum en Mars au niveau de la station SS3 (0.5 ± 0.45) (Tab. B, voir annexe). Pour le site de Hadjadj, l'ensemble des stations présente un nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau mensuelle significativement différents (ANOVA, à $P < 0.01$). Aussi, ce paramètre augmente progressivement à partir de la fin de l'hiver début du printemps (Février-Mars) pour atteindre un maximum en été (Juin) au niveau

de toutes les stations (Fig. 44). Par ailleurs, le nombre moyen de feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* ne change pas d'une façon significative entre les stations (ANOVA, à $P = 0.1$), il présente un maximum en Juin au niveau de la station HS2 (2.5 ± 0.71), alors que le minimum est en Février au niveau de la station HS1 (0.3 ± 0.27) (Tab. B, voir annexe). Le nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau est légèrement supérieur à *Stidia* par rapport à Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.2. Longueur moyenne des feuilles

I.2.2.1. Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

Dans l'ensemble des stations du site de *Stidia*, des variations mensuelles de la longueur moyenne des feuilles globales ont été enregistrées (ANOVA, à $P < 0.01$). Cependant, l'évolution de ce paramètre est similaire dans toutes les stations, il augmente progressivement de l'hiver (Février) jusqu'en été (Juin) (Fig. 45). La différence de la longueur moyenne des feuilles globales entre les stations est significative (ANOVA, à $P < 0.01$). C'est la station SS1 qui présente une longueur moyenne des feuilles globale significativement plus faible par rapport à celles des autres stations (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Le maximum de ce paramètre est signalé en Juin au niveau de la station SS3 (46.78 ± 16.58), tandis que le minimum est en Février au niveau de la station SS1 (15.30 ± 7.70) (Tab. C, voir annexe). Par ailleurs, des variations mensuelles de la longueur moyenne des feuilles globales ont été également enregistrées dans l'ensemble des stations du site de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$). Mais, l'évolution est la même dans toutes les stations du site, cette longueur augmente en fin du printemps début été (Mai-Juin) (Fig. 45). Le test de Tukey HSD n'a montré aucune différence significative de la longueur moyenne des feuilles globales de ces trois stations (Tab. A, voir annexe). Le maximum de ce paramètre est en Juin au niveau de la station HS3 (53.55 ± 27.36), alors que le minimum est signalé au niveau de la même station (22.17 ± 10.68) en Février (Tab. C, voir annexe). Cependant, les valeurs de la longueur moyenne des feuilles totales obtenues au niveau du site de Hadjadj sont supérieures à celles obtenues au niveau du site de *Stidia* (ANOVA, à $P < 0.01$).

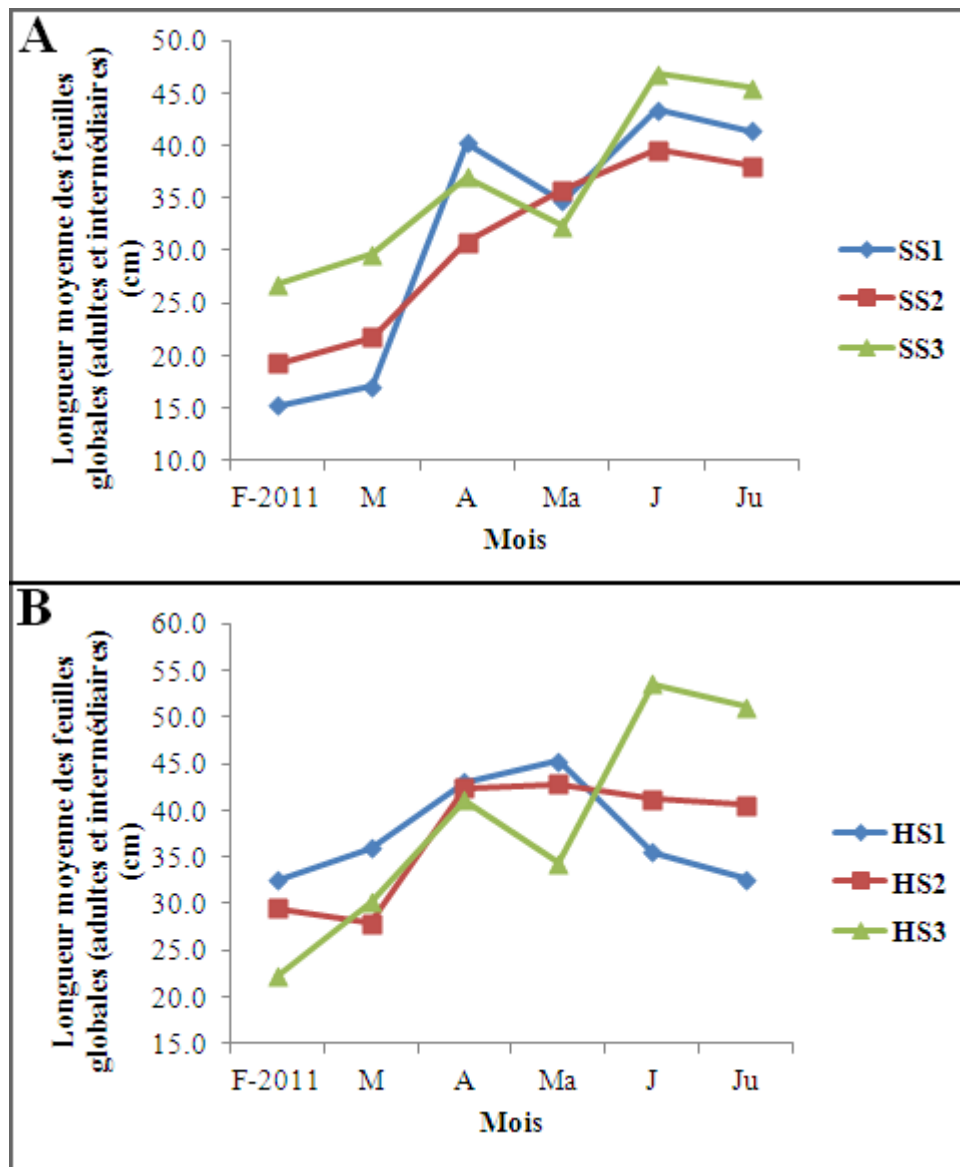


Figure 45 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj (B).

I.2.2.2. Longueur moyenne des feuilles adultes

D'importantes variations mensuelles de la longueur moyenne des feuilles adultes sont enregistrées dans les stations du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$). L'ensemble des stations présentent une augmentation progressive de la longueur moyenne des feuilles adultes à partir de l'hiver (Février) jusqu'en été (Juin) (Fig. 46). Au niveau du site de Stidia, la longueur moyenne des feuilles adultes présente une différence significative entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$). Cette différence est significative pour la station SS1 (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe), ceci s'explique par le fait que cette station présente la plus faible longueur moyenne des feuilles adultes et une stabilité de cette longueur entre le mois d'Avril et celui de Juillet. Le maximum de ce paramètre

dans le site de Stidia est enregistré en Juin au niveau de la station SS2 (49.94 ± 14.54) et le minimum en Février au niveau de la station SS1 (16.68 ± 8.39) (Tab. C, voir annexe). Des variations mensuelles de la longueur moyenne des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* sont également enregistrées dans les stations du site de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$). L'évolution mensuelle de ce paramètre au niveau des trois stations est la même que celle des stations du site de Stidia (Fig. 47). Aucune différence significative de la longueur moyenne des feuilles globales de Posidonies n'a été décelée par le test de Tukey entre ces trois stations (Tab. A voir annexe). Le maximum de ce paramètre est obtenu en Juin au niveau de la station HS3 (64.77 ± 19.75) et le minimum en Février (19.56 ± 8.77) au niveau de la même station (Tab. C, voir annexe). Cependant, la longueur moyenne des feuilles adultes du site de Hadjadj est supérieure à celle enregistrée au niveau du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$). La longueur des feuilles adultes maximales mesurée à Stidia est de 86 cm (Mai, au niveau de la station SS2). Par contre, celle mesurée à Hadjadj atteint 95.4 cm (Juin, au niveau de la station HS2).

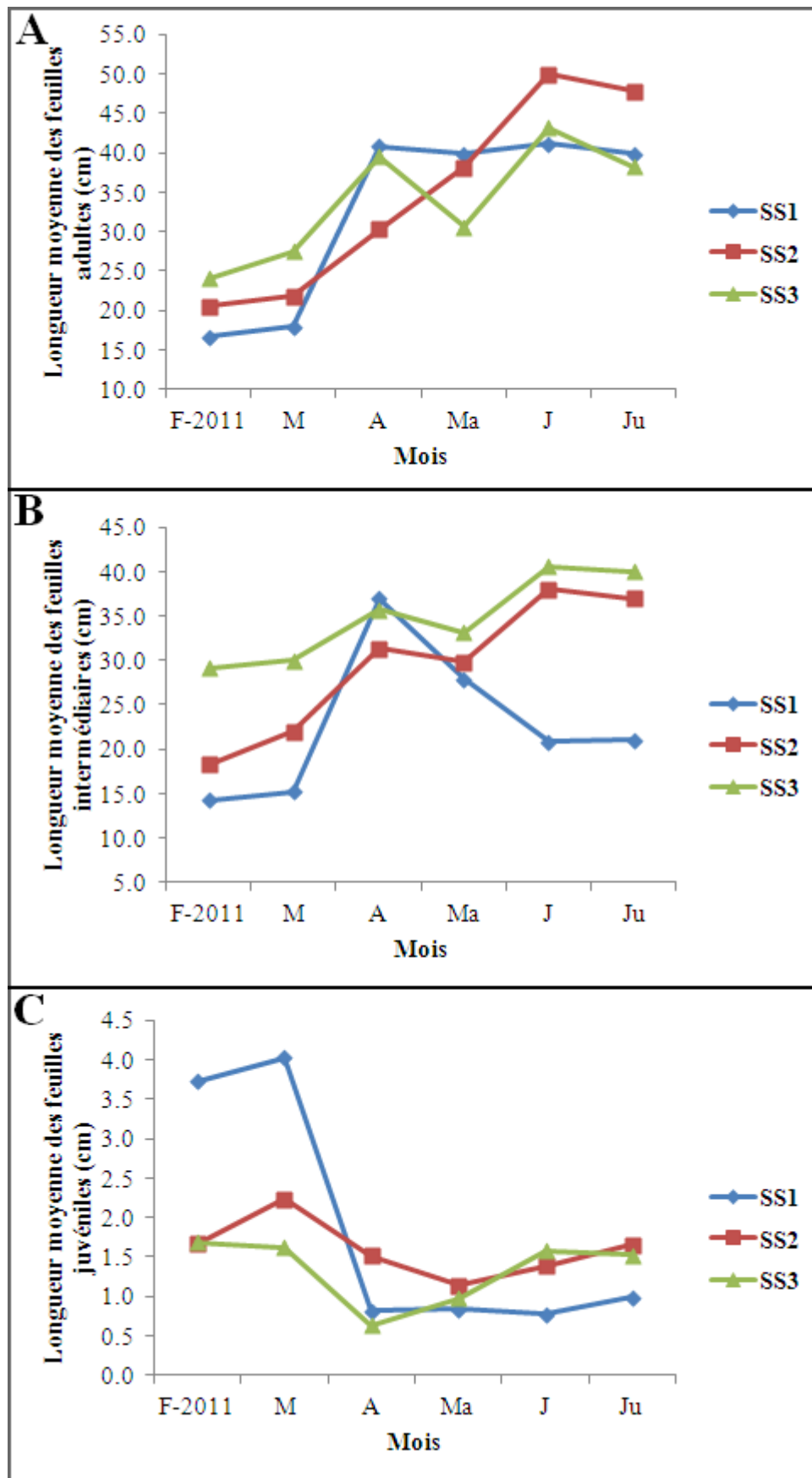


Figure 46 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia.

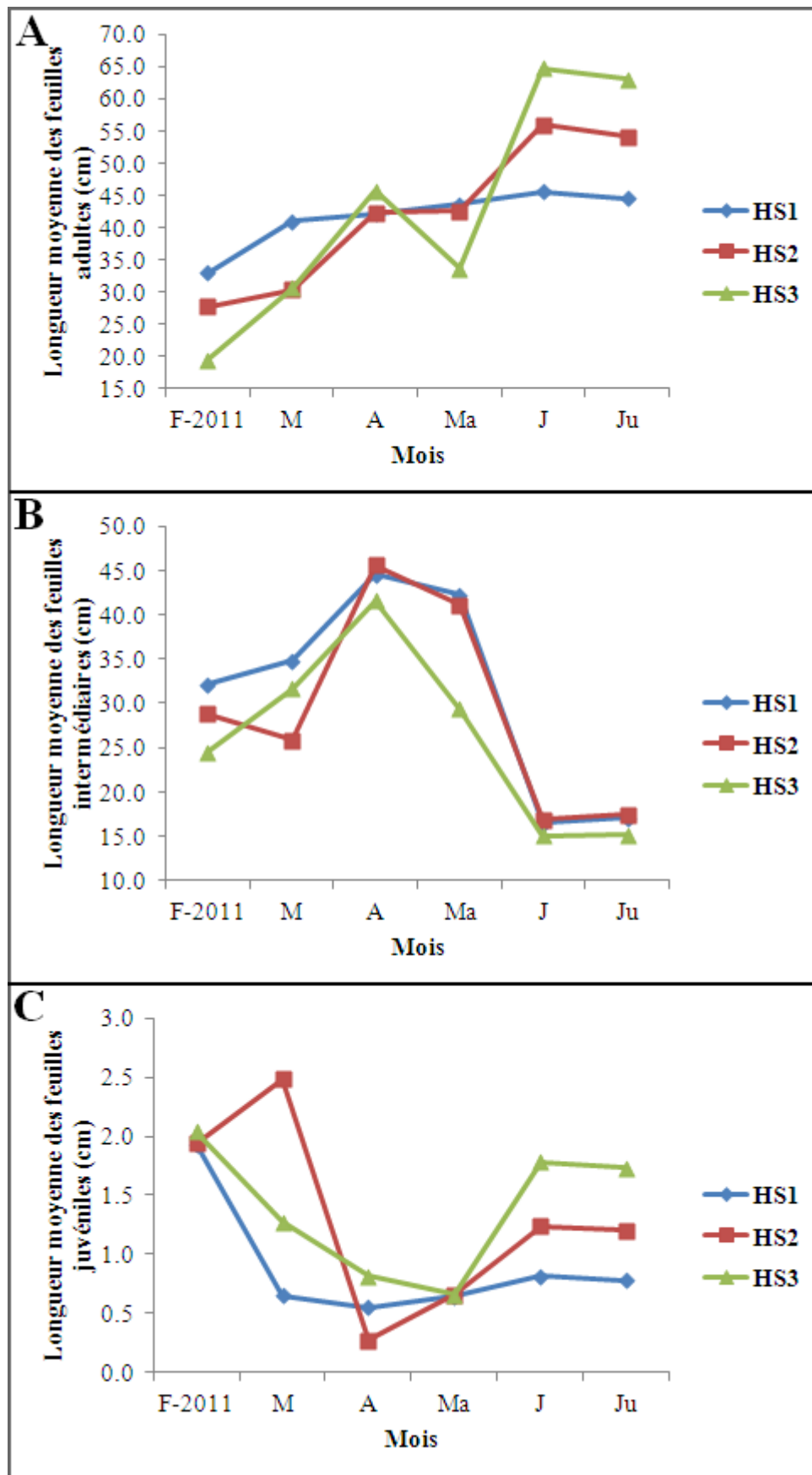


Figure 47 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj.

I.2.2.3. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires

Au niveau de l'ensemble des stations du site de Stidia, la longueur moyenne des feuilles intermédiaires varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$) ; ce paramètre augmente progressivement de l'hiver (Février) à l'été (Juin) dans toutes les stations à l'exception de la station SS1, où il augmente de l'hiver (Février) au printemps (Avril), puis il a tendance à diminuer progressivement pour atteindre un deuxième minimum en Juin (Fig. 46). La longueur moyenne des feuilles intermédiaires présente une différence entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$), cette différence est significativement plus faible dans la station SS1 (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A voir annexe). Le maximum de ce paramètre, est enregistré en Juin au niveau de la station SS3 (40.63 ± 17.62) et le minimum en Février au niveau de la station SS1 (14.25 ± 7.10) (Tab. C, voir annexe). La longueur moyenne des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* varie en fonction des mois dans l'ensemble des stations du site de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$) ; son évolution est marquée par une augmentation au printemps (Avril) et une diminution en été (Juin) (Fig. 47). Au niveau du site de Hadjadj, le test de Tukey HSD n'a montré aucune différence significative de ce paramètre dans les trois stations (Tab. A, voir annexe). Le maximum de ce paramètre est en Avril au niveau de la station HS2 (45.58 ± 18.01), tandis que le minimum est enregistré en Juin au niveau de la station HS3 (15.04 ± 12.31) (Tab. C, voir annexe). Il est à signaler que le site de Hadjadj présente une longueur moyenne de feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* supérieure à celle du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.2.4. Longueur moyenne des feuilles juvéniles

La longueur moyenne des feuilles juvéniles varie en fonction des mois dans l'ensemble des stations du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$) ; elle diminue progressivement à partir de la fin de l'hiver - début printemps (Février-Mars) pour atteindre un minimum en plein printemps dans l'ensemble des stations (Fig. 46). Au niveau du site de Stidia, la longueur moyenne des feuilles juvéniles diffère d'une station à l'autre (ANOVA, à $P < 0.01$) ; la station SS3 a une longueur moyenne de feuilles juvéniles significativement plus faible que celle des deux autres stations du site de Stidia (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Ce paramètre est maximale en Mars au niveau de la station SS1 (4.03 ± 0.99) et minimale en Avril au niveau de la station SS3 (0.64 ± 0.58) (Tab. C, voir annexe). Dans l'ensemble des stations du site de Hadjadj, la longueur moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* varie également en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$). Ce paramètre présente une diminution progressivement à partir du mois de Février pour atteindre une valeur minimale en plein printemps, ainsi qu'une légère augmentation à partir de la fin du printemps dans toutes les stations (Fig. 47). Selon le test de Tukey HSD, les trois stations du site de Hadjadj sont homogènes (Tab. A, voir annexe) ; la longueur moyenne des feuilles

juvéniles présente un maximum en Mars au niveau de la station HS2 (2.49 ± 1.84) et un minimum en Avril au niveau de la station HS2 (0.28 ± 0.12) (Tab. C, voir annexe). Les valeurs de la longueur moyenne des feuilles juvéniles sont supérieures dans le site de Stidia par rapport à ceux des herbiers du site de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.3. Largeur moyenne des feuilles

I.2.3.1. Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

La largeur moyenne des feuilles globales montre une variation mensuelle pour la majorité des stations des deux sites (ANOVA, à $P < 0.01$). Ce paramètre augmente progressivement à partir de la fin de l'hiver jusqu'au printemps, pour ensuite diminuer en été au niveau de toutes les stations des sites de Stidia et de Hadjadj, excepté au niveau de la station SS1 du site de Stidia, où cette variation mensuelle est moins marquée (Fig. 48). Ce paramètre varie en fonction des stations (ANOVA, à $P < 0.01$). Dans la station SS1, l'herbier présente des valeurs de la largeur moyenne des feuilles globales significativement plus faibles que celles des herbiers des deux autres stations (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Dans le site de Stidia, ce paramètre présente un maximum en Mai au niveau de la station SS2 (1.09 ± 0.15) et un minimum en Avril au niveau de la station SS1 (0.89 ± 0.07) (Tab. D, voir annexe). Par ailleurs, les résultats du test de Tukey HSD montrent une certaine homogénéité de la largeur moyenne des feuilles globales entre herbiers des trois stations du site de Hadjadj (Tab. A voir annexe), le maximum est enregistré en Mai au niveau des stations HS1 (0.97 ± 0.07) et HS2 (0.97 ± 0.08), alors que le minimum est enregistré en Mars au niveau de la station HS3 (0.84 ± 0.08) (Tab. D, voir annexe). Cependant, la largeur moyenne des feuilles globales des herbiers du site de Stidia est supérieure à celle des herbiers du site de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$).

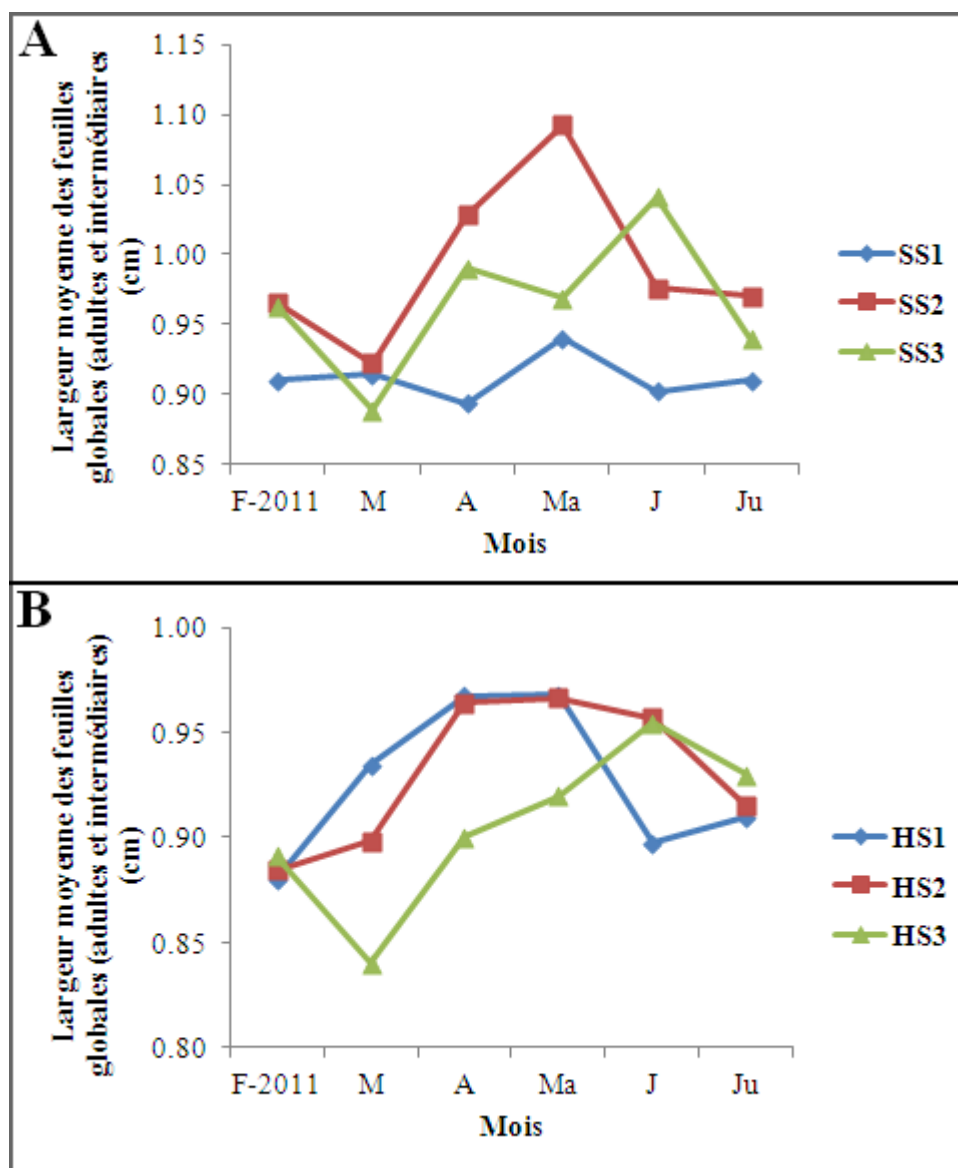


Figure 48 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS2) du site de Stidia (**A**) et des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj (**B**).

I.2.3.2. Largeur moyenne des feuilles adultes

La largeur moyenne des feuilles adultes varie en fonction des mois dans l'ensemble des stations du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$) ; elle présente une augmentation progressive à partir de la fin de l'hiver jusqu'au printemps, puis une diminution en été dans la majorité des stations (Fig. 49). La largeur moyenne des feuilles adultes présente une différence significative entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$) et c'est la station SS1 qui présente les plus faibles valeurs de ce paramètre (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Le maximum est enregistré en Mai au niveau de la station SS2 (1.14 ± 0.14) et le minimum en Février dans la station SS1 (0.90 ± 0.08), ainsi qu'en Mars dans la station SS3 (0.90 ± 0.07) (Tab. D, voir annexe). Au niveau du site de Hadjadj, la largeur moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica* varie en fonction des mois dans l'ensemble

des stations (ANOVA, à $P < 0.01$) ; elle augmente progressivement de la fin de l'hiver jusqu'au printemps, pour ensuite diminuer en été dans la majorité des stations (Fig. 50). Selon les résultats du test de Tukey HSD, il n'existe pas de différence entre les stations du site de Hadjadj pour ce paramètre (Tab. A, voir annexe). La largeur moyenne des feuilles adultes présente un maximum en Mai et en Juin respectivement au niveau des stations HS1 (0.99 ± 0.07) et HS2 (0.99 ± 0.09) (Tab. D, voir annexe). La largeur moyenne des feuilles adultes du site de Stidia est supérieure à celle du site de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$).

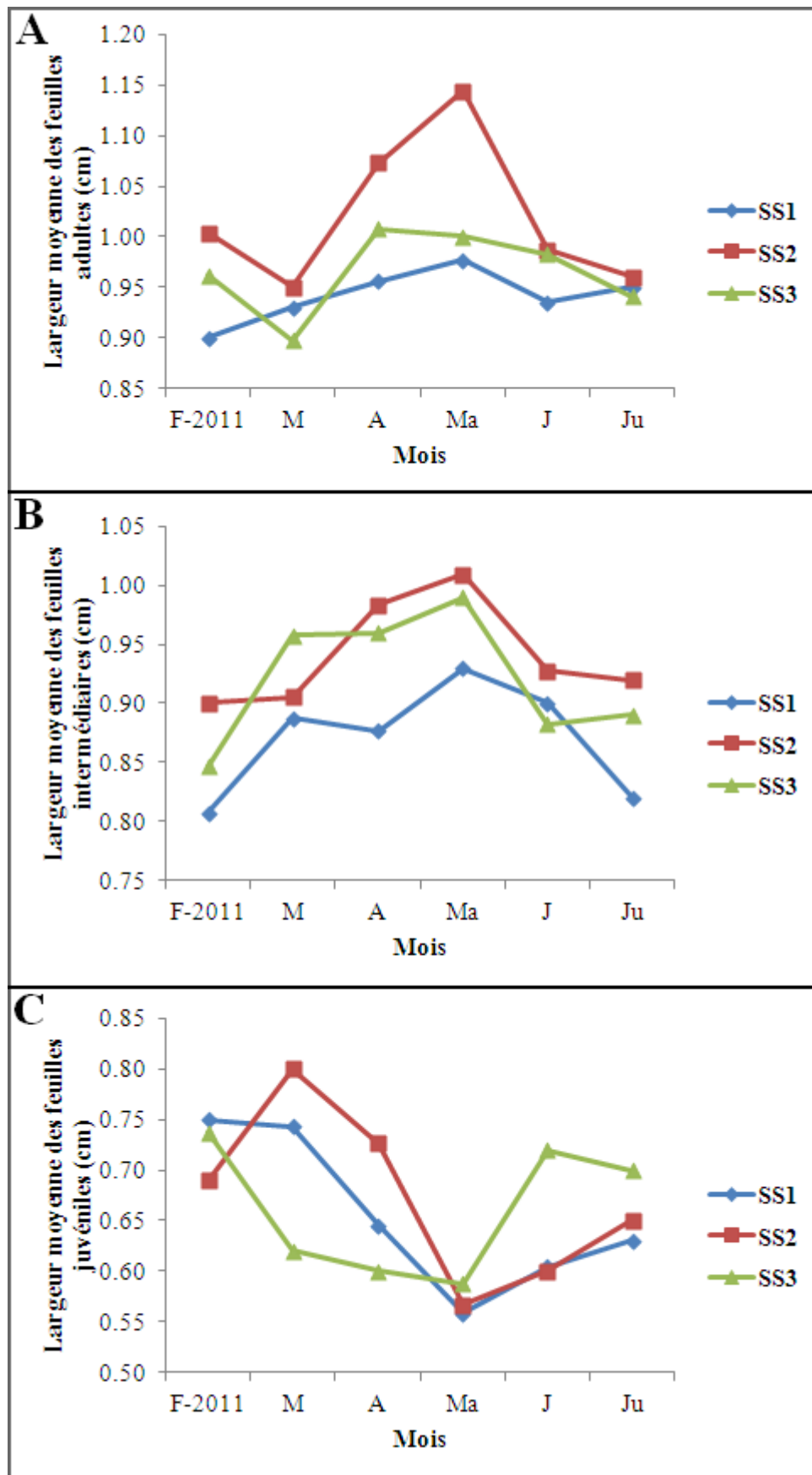


Figure 49 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia.

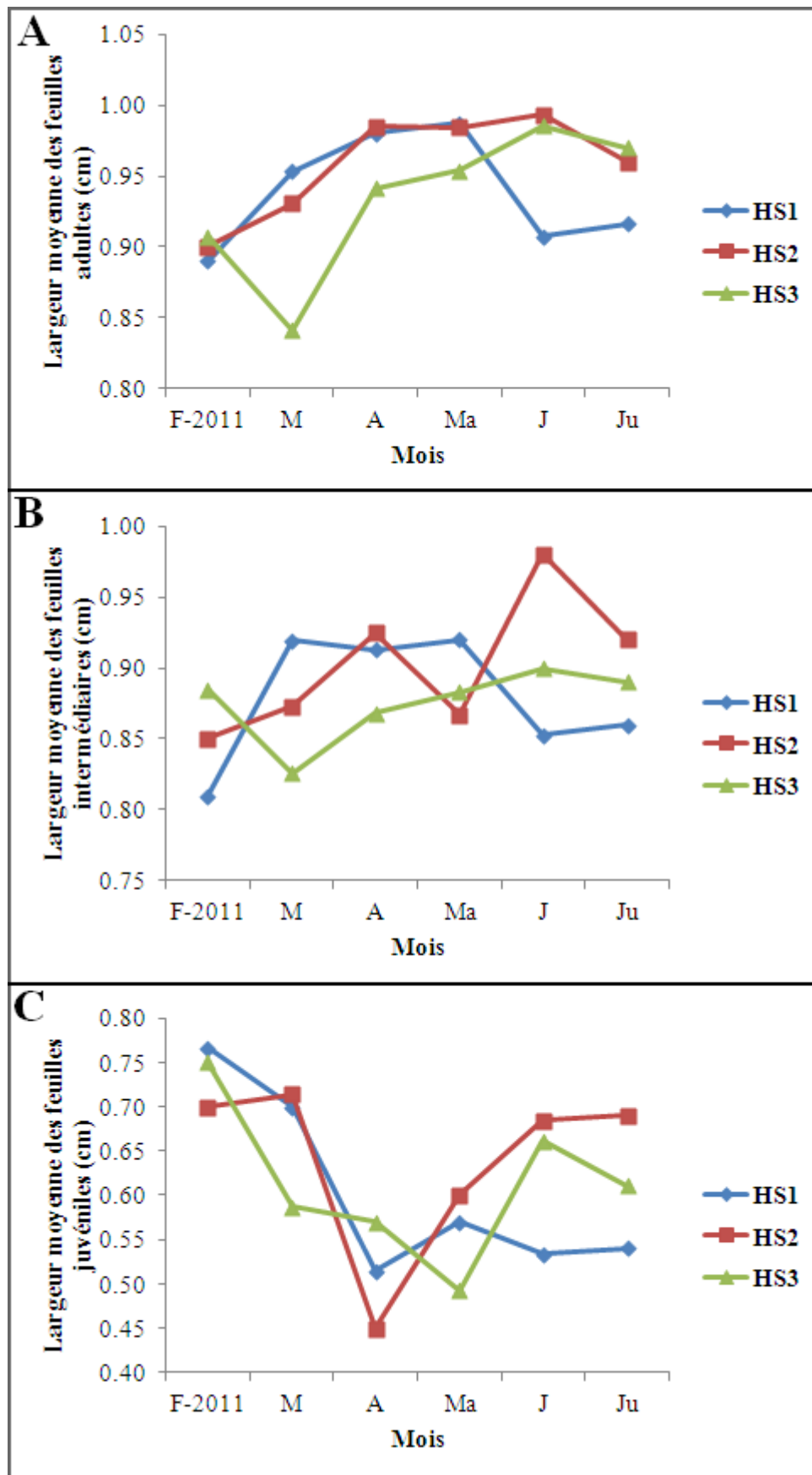


Figure 50 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj.

I.2.3.3. Largeur moyenne des feuilles intermédiaires

La largeur moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* présente une variation mensuelle dans l'ensemble des stations des deux lieux (ANOVA, à $P < 0.01$). Ce paramètre présente une augmentation progressive à partir de la fin de l'hiver pour atteindre un maximum en printemps, ainsi qu'une diminution du printemps à l'été dans la plupart des stations des sites de Stidia et de Hadjadj (Fig. 49 et 50). La largeur moyenne des feuilles intermédiaires ne varie pas en fonction des stations (ANOVA, à $P = 0.07$). Au niveau du site de Stidia, ce paramètre est maximale en Mai au niveau de la station SS2 (1.01 ± 0.08) et minimale en Février au niveau de la station SS1 (0.81 ± 0.07) (Tab. D, voir annexe). Tandis qu'au niveau des stations du site de Hadjadj, le maximum de la largeur moyenne des feuilles intermédiaire est enregistré en Juin au niveau de la station HS2 (0.98 ± 0.09) et le minimum en Février au niveau de la station HS1 (0.81 ± 0.08) (Tab. D, voir annexe). La largeur moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* est supérieure au niveau du site de Stidia par rapport à celui de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.3.4. Largeur moyenne des feuilles juvéniles

La largeur moyenne des feuilles juvéniles de *P. oceanica* varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$). Elle diminue au printemps et augmente en été dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj (Fig. 49 et 50). Aucune différence significative de la largeur moyenne des feuilles juvénile n'est à signalée entre les stations (ANOVA, à $P = 0.08$). Le maximum de ce paramètre au niveau du site de Stidia est enregistré en Mars au niveau de la station SS2 (0.80 ± 0.19) et le minimum en Mai au niveau de la station SS1 (0.56 ± 0.24) (Tab. D, voir annexe) ; tandis que pour le site de Hadjadj, le maximum est signalé en Février dans la station HS1 (0.77 ± 0.12) et le minimum est en Avril dans la station HS2 (0.45 ± 0.12) (Tab. D, voir annexe). C'est dans le site de Stidia que la largeur moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* est la plus élevée (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.4. Longueur moyenne des pétioles

La longueur moyenne des pétioles de *Posidonia oceanica* présente une variation mensuelle dans l'ensemble des stations des deux sites étudiés (ANOVA, $P < 0.01$). Ce paramètre augmente progressivement à partir de la fin de l'hiver (Février) pour atteindre un maximum en été (Juin). Mais il est à signaler que, ce paramètre dans les stations du site de Hadjadj présente une variation mensuelle qui est moins prononcée par rapport à celle observée dans le site de Stidia (Fig. 51). La longueur moyenne des pétioles présente une différence significative entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$), la station SS3 du site de Stidia présente des valeurs significativement plus importantes par rapport aux autres stations (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe) ; le maximum de ce paramètre est enregistré en Juin au niveau de la station SS3 (4.50 ± 1.36) et le minimum en Mars

au niveau de la station SS1 (2.21 ± 1.15) (Tab. E, voir annexe). Par contre, le test de Tukey HSD montre qu'au niveau du site de Hadjadj les trois stations sont homogènes (Tab. A, voir annexe). Dans ce même site, la longueur moyenne des pétioles présente un maximum en Juin au niveau de la station HS3 (3.73 ± 1.39) et un minimum en Mars au niveau de la station HS2 (3.05 ± 0.75) (Tab. E, voir annexe). Cependant, la longueur moyenne des pétioles de *Posidonia oceanica* est supérieure au niveau du site de Hadjadj par rapport à celui du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

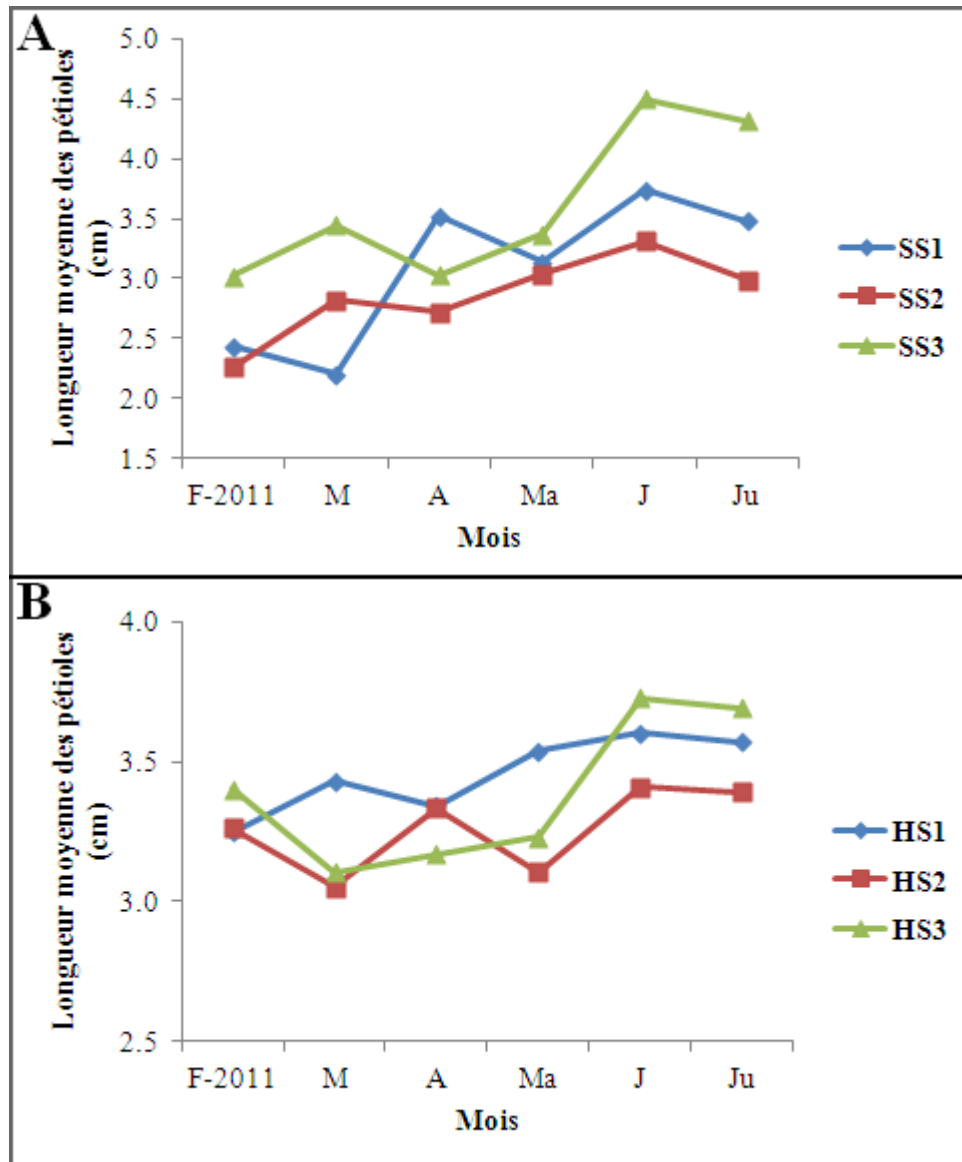


Figure 51 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des pétioles de *P. oceanica* dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj (B).

I.2.5. Surface foliaire moyenne

I.2.5.1. Surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

La surface foliaire moyenne des feuilles globales de *P. oceanica* varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$) ; elle augmente entre le printemps (Avril) et le début de l'été (Juin) pour la plupart des stations du site de Stidia (Fig. 52). La surface foliaire moyenne des feuilles globales présente une différence entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$) ; c'est la station SS1 qui présente la plus faible valeur au niveau du site de Stidia (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Dans le site de Stidia, la surface foliaire moyenne des feuilles globales de *Posidonia oceanica* est maximale en Mai au niveau de la station SS2 (267.26 ± 77.61) et minimale en Février au niveau de la station SS1 (74.79 ± 42.84) (Tab. F, voir annexe). La surface foliaire moyenne des feuilles globales de *Posidonia oceanica* au niveau des stations du site de Hadjadj présente la même évolution mensuelle que celle des stations du site de Stidia ; la station HS1 présente une autre diminution en début d'été (Fig. 52). Selon le test de Tukey HSD, la surface foliaire moyenne globale est homogène entre les différentes stations du site de Hadjadj (Tab. A, voir annexe) ; elle présente un maximum en Juin au niveau de la station HS3 (319.21 ± 62.01) et un minimum en Février au niveau de la même station (152.80 ± 33.55) (Tab. F, voir annexe). La surface foliaire moyenne des feuilles globales de Posidonies au niveau du site de Hadjadj est supérieure à celle du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

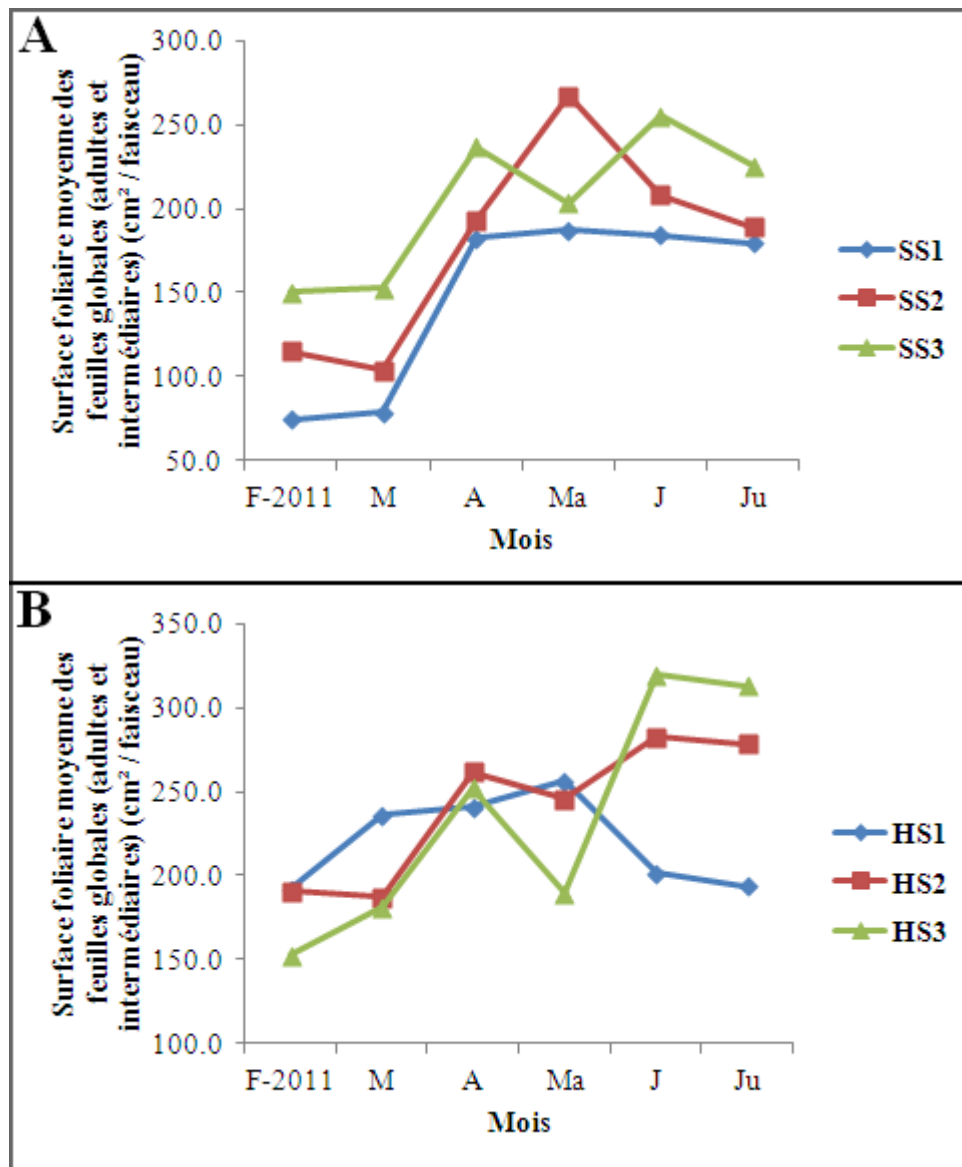


Figure 52 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS2) du site de Hadjadj (B).

I.2.5.2. Surface foliaire moyenne des feuilles adultes

La surface foliaire moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica* varie au cours des mois (ANOVA, à $P < 0.01$) ; elle augmente progressivement à partir de l'hiver jusqu'en été dans l'ensemble des stations des deux sites (Fig. 53 et 54). La différence de ce paramètre entre les stations est significative (ANOVA, à $P < 0.01$) ; le résultat de l'analyse statistique démontre que dans la station SS1, la surface foliaire moyenne de *Posidonia oceanica* est significativement plus faible que dans les autres stations (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Au niveau du site de Stidia, ce paramètre présente un maximum en Mai au niveau de la station SS2 (197.76 ± 62.69) et un minimum en Février au niveau de la station SS1 (36.52 ± 24.49) (Tab. F, voir annexe). Au niveau du site de Hadjadj, le test de Tukey HSD nous permet d'individualiser la station HS1 (Tab.

A, voir annexe) avec la plus faible surface foliaire moyenne des feuilles adultes de *Posidonia oceanica*. Ce paramètre présente un maximum en Juin au niveau de la station HS3 (265.23 ± 59.05) et un minimum en Février au sein de la même station (49.53 ± 16.87) (Tab. F, voir annexe). La surface foliaire moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica* obtenue dans le site de Hadjadj est supérieure à celle obtenue dans le site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

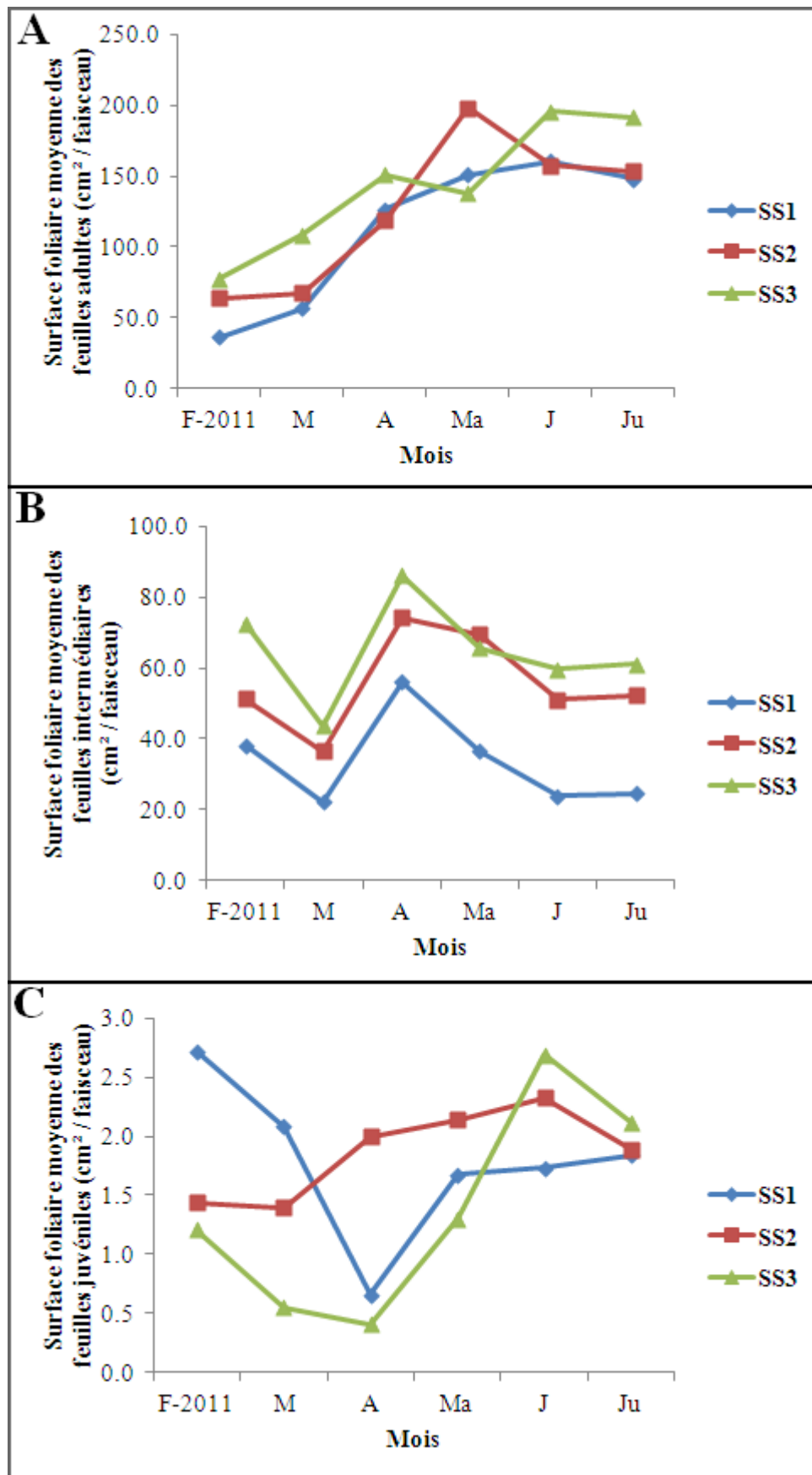


Figure 53 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) de *Stidia*.

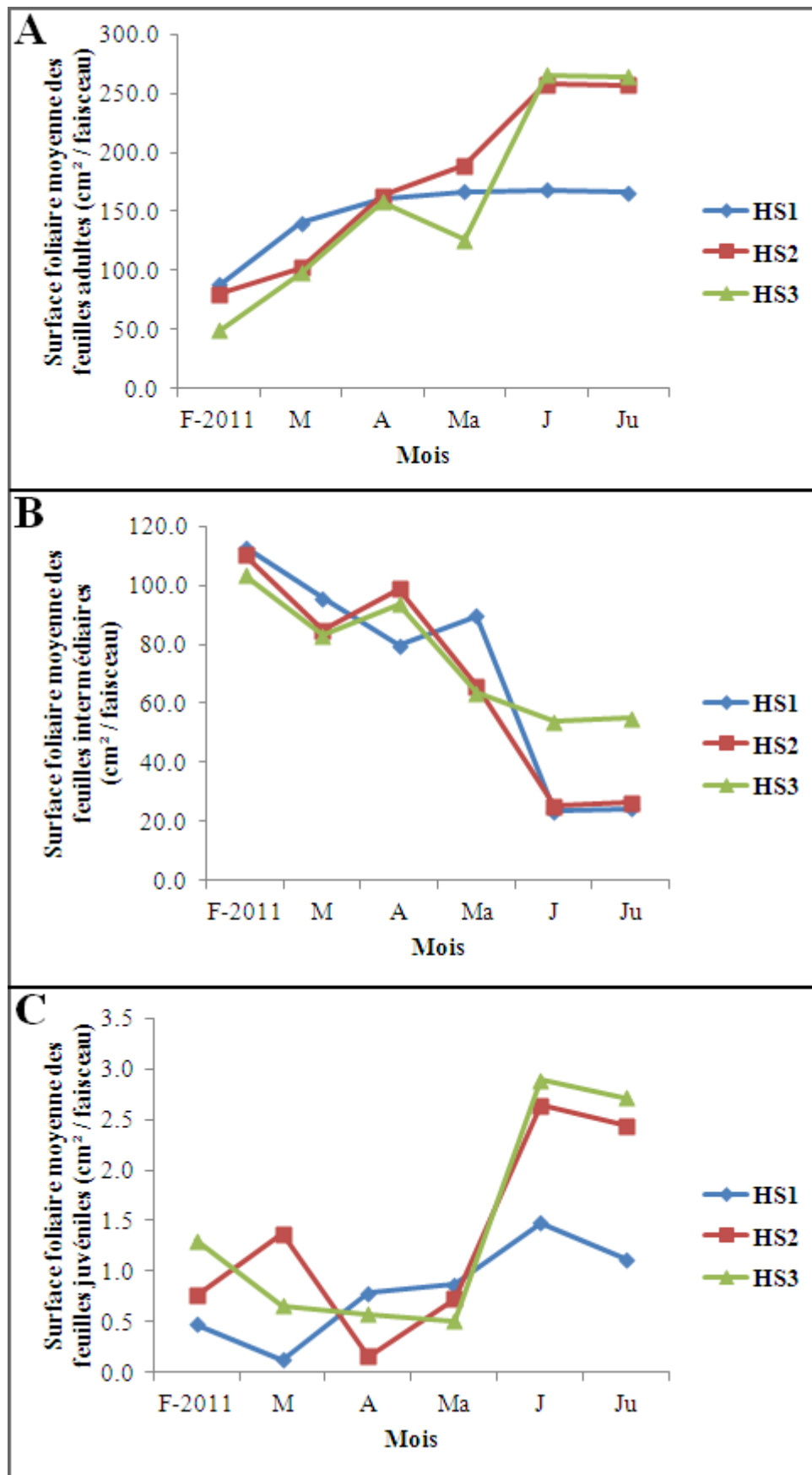


Figure 54 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) de Hadjadj.

I.2.5.3. Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires

Une nette variation mensuelle de la surface foliaire des feuilles intermédiaire de *P. oceanica* est observée dans toutes les stations des sites de Stidia et de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$). Au niveau du site de Stidia, ce paramètre augmente au printemps (Avril) et diminue en été (Juin) (Fig. 53). La surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* présente une différence entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$). C'est la station SS1 qui présente les plus faibles valeurs de ce paramètre (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Ce paramètre est maximale en Avril dans la station SS3 (86.21 ± 45.56) et minimale en Mars dans la station SS1 (22.31 ± 17.30) (Tab. F, voir annexe). Dans l'ensemble des stations du site de Hadjadj, la surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* présentent une diminution progressive à partir du mois de Février pour atteindre une valeur minimale en été (Juin) (Fig. 54). Le test de Tukey HSD a montré que la surface foliaire moyenne entre les stations du site de Hadjadj est homogène (Tab. A, voir annexe). Ce paramètre est maximale en Février au niveau de la station HS1 (112.89 ± 30.97) et minimale en Juin (23.63 ± 15.56) au niveau de la même station (Tab. F, voir annexe). La surface foliaire des feuilles intermédiaire de *Posidonia oceanica* enregistrée au niveau du site de Hadjadj est supérieure à celle enregistrée au niveau du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.5.4. Surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles

La surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles de *P. oceanica* varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$). Ce paramètre présente une diminution en printemps (Mars-Avril), puis une augmentation en été (Juin) dans l'ensemble des stations du site de Stidia (Fig. 53). La surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles de *P. oceanica* présente une différence entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$) ; cette différence est significative pour la station SS3, du moment qu'elle présente les plus fortes valeurs du site de Stidia (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Ce paramètre présente un maximum en Février au niveau de la station SS1 (2.72 ± 1.20) et un minimum en Avril au niveau de la station SS3 (0.41 ± 0.23) (Tab. F, voir annexe). Il est important de signaler que SS1 est la seule station du site de Stidia où le maximum de ce paramètre est enregistré en Février, puisque les deux autres stations présentent un pic estival en mois de juin (Fig. 53). Au niveau du site de Hadjadj, la surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* présente une diminution en printemps (Mars-Avril) et une augmentation en été (Juin), dans l'ensemble des stations (Fig. 54). Le test de Tukey HSD, montre une certaine homogénéité entre les stations du site de Hadjadj (Tab. A, voir annexe). La surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* au niveau du site de Hadjadj est maximale en Juin dans la station HS3 (2.89 ± 1.69) et minimale en Mars dans la station HS1 (0.13 ± 0.11)

(Tab. F, voir annexe). La surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* est supérieure au niveau du site de Stidia par rapport à celui de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.6. Indice foliaire moyen

I.2.6.1. Indice foliaire moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

L'indice foliaire moyen des feuilles globales de *Posidonia oceanica* varie en fonction des mois dans l'ensemble des stations des deux sites de Stidia et de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$). Au niveau de la station SS1 du site de Stidia, l'indice foliaire moyen des feuilles globales augmente progressivement à partir du mois de Février pour atteindre une valeur maximale en Avril, puis ce paramètre se maintient à une valeur plus ou moins élevée jusqu'en Juillet (Fig. 55). Dans la station SS1, le maximum de ce paramètre est enregistré en Mai (3.40 ± 1.28) et le minimum en Février (1.36 ± 0.78) (Tab. G, voir annexe). Dans les stations HS2 et HS3 du site de Hadjadj, l'indice foliaire moyen des feuilles globales présente une augmentation à partir de l'hiver pour atteindre un maximum en été ; alors que dans la station HS1, ce paramètre présente une augmentation de Février à Mai pour ensuite diminuer en été (Fig. 55). L'indice foliaire moyen des feuilles globales de *Posidonia oceanica* présente une différence entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$). Ce paramètre sépare significativement toutes les stations étudiées (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A voir annexe), c'est les stations HS2 et SS1 qui présentent les plus faibles valeurs de l'indice foliaire moyen de feuilles globales de *Posidonia oceanica*. Au niveau du site de Hadjadj, ce paramètre est maximale en Mai au niveau de la station HS1 (12.95 ± 4.31) et minimale en Mars au niveau de la station HS2 (3.62 ± 1.12) (Tab. G, voir annexe). Le site de Hadjadj présente un indice foliaire moyen des feuilles globales supérieur à celui du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

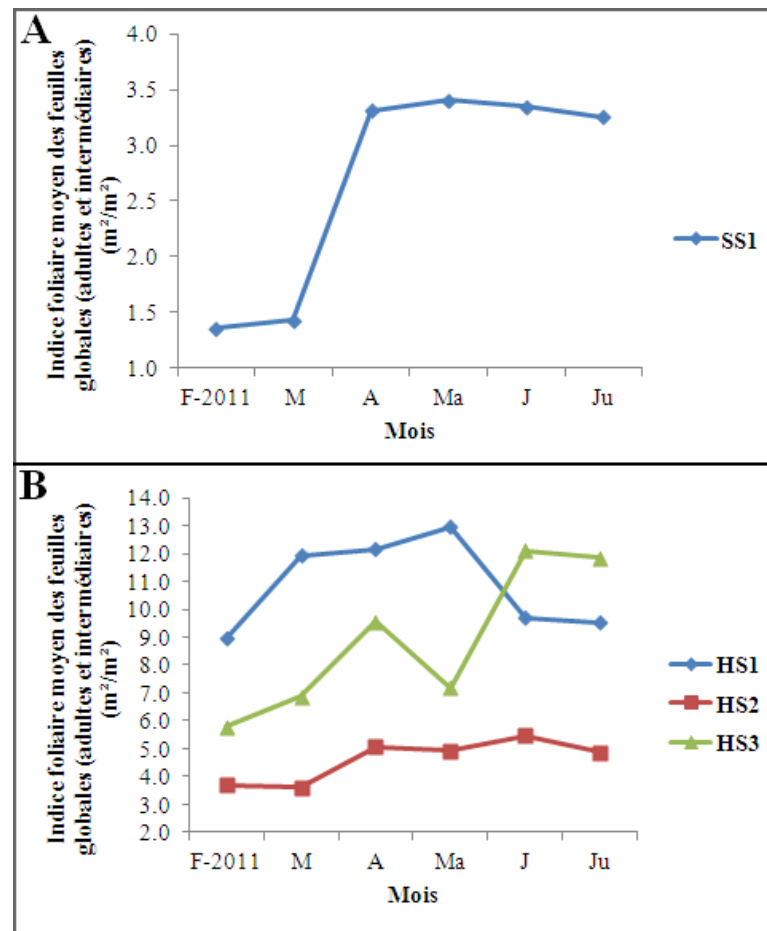


Figure 55 : Evolution mensuelle de l'indice foliaire moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* dans la station SS1 du site de Stidia (A) et l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS2) du site de Hadjadj (B).

1.2.6.2. Indice foliaire moyen des feuilles adultes

Dans l'ensemble des stations des deux sites étudiés, l'indice foliaire moyen des feuilles adultes de *P. oceanica* présente une variation mensuelle (ANOVA, à $P < 0.01$) ; il augmente progressivement à partir du mois de Février pour atteindre une valeur maximale en été (Juin), dans toutes les stations des sites de Stidia et de Hadjadj (Fig. 56 et 57). Ce paramètre change en fonction des stations (ANOVA, à $P < 0.01$). Comme pour l'indice foliaire moyen des feuilles globales de *Posidonia oceanica*, ce paramètre sépare significativement toutes les stations étudiées (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe) ; c'est les stations HS2 et SS1 qui présentent les plus faibles valeurs de l'indice foliaire moyen des feuilles adultes. Au niveau du site de Hadjadj. Le maximum de l'indice foliaire moyen des feuilles adultes est enregistré en Juin au niveau de la station HS1 (8.49 ± 1.92) et le minimum en Février dans de la station HS2 (1.56 ± 0.55) (Tab. G, voir annexe). La station SS1 du site de Stidia présente un maximum de l'indice foliaire moyen des feuilles adultes en Juin (2.91 ± 1.20) et un minimum en Février (0.66 ± 0.44) (Tab. G, voir annexe). L'indice foliaire moyen des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* enregistré au niveau

du site de Hadjadj est supérieur à celui enregistré au niveau du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

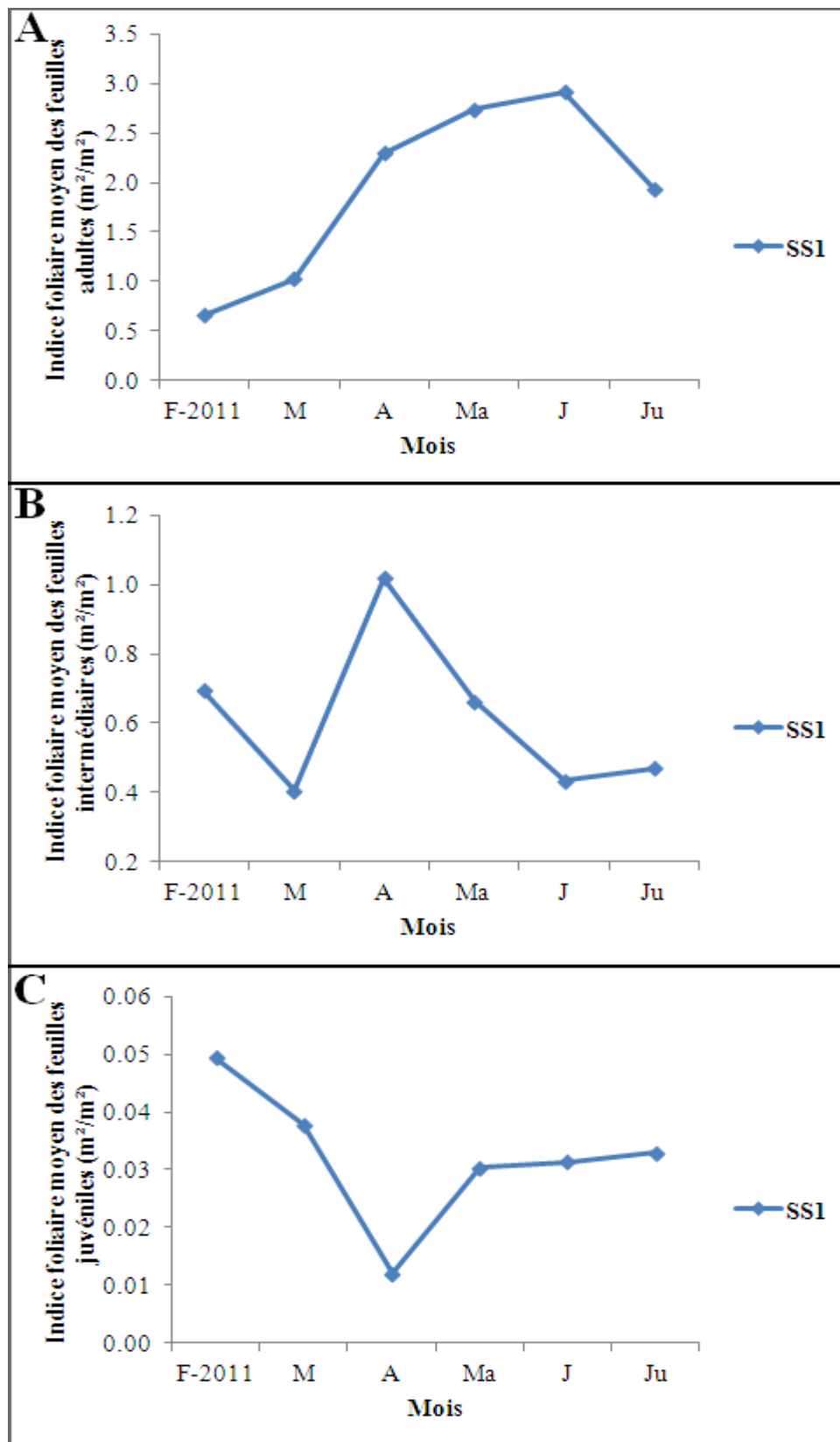


Figure 56 : Evolution mensuelle de l'indice foliaire moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans la station SS1 du site de Stidia.

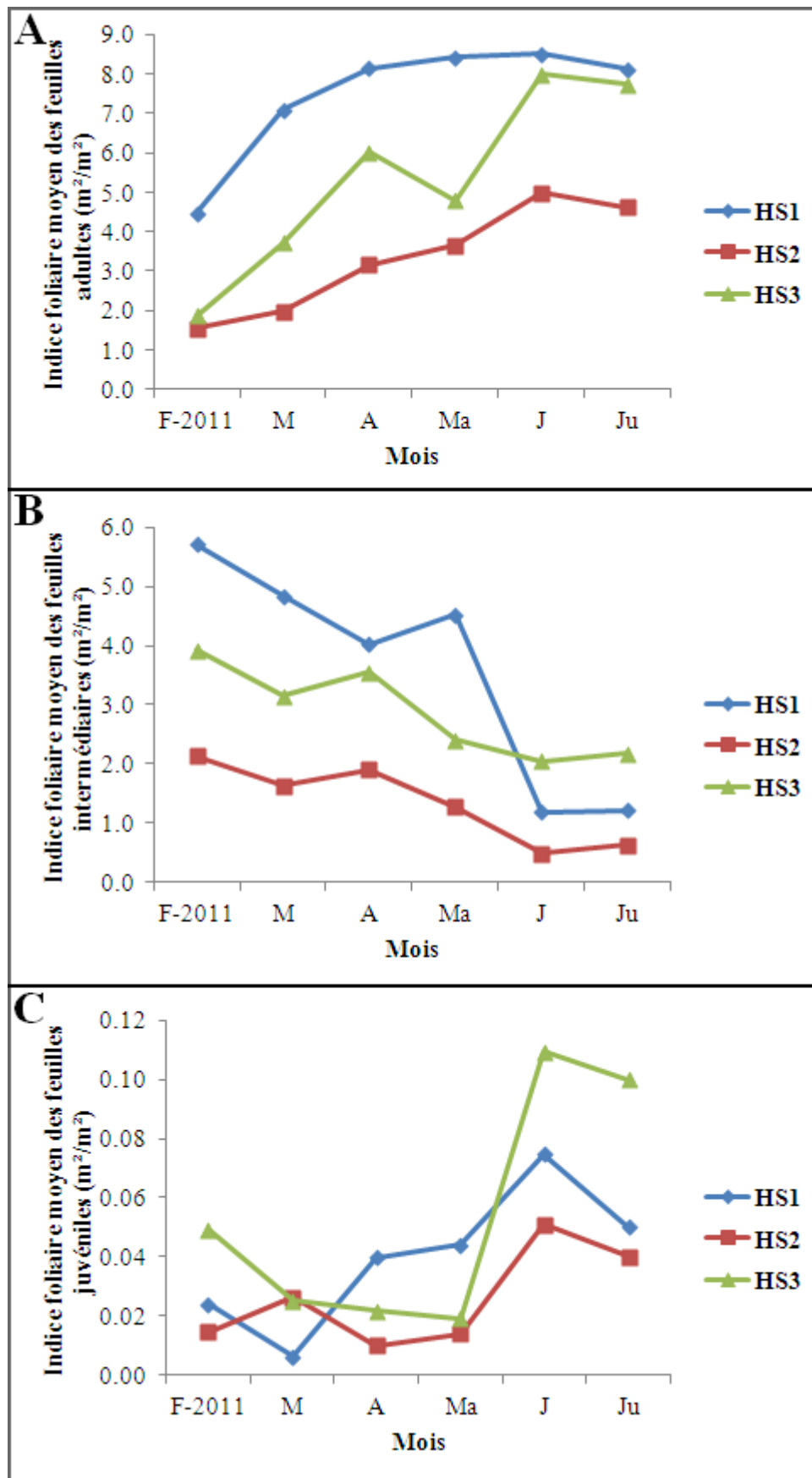


Figure 57 : Evolution mensuelle de l'indice foliaire moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A), intermédiaires (B) et juvéniles (C) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj.

I.2.6.3. Indice foliaire moyen des feuilles intermédiaires

L'indice foliaire moyen des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* change en fonction des mois, dans toutes les stations des sites de Stidia et de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$). Dans la station SS1 du site de Stidia, ce paramètre diminue en fin d'hiver début printemps (Février-Mars) et augmente en printemps (Avril), puis chute en été (Juin-Juillet) (Fig. 56). Le maximum de la station SS1 du site de Stidia est enregistré en Avril (1.02 ± 0.59) et le minimum en Mars (0.40 ± 0.31) (Tab. G, voir annexe). Dans l'ensemble des stations du site de Hadjadj, l'indice foliaire moyen des feuilles intermédiaires présente une diminution progressive à partir de l'hiver (Février) pour atteindre un minimum en été (Juin) (Fig. 57). Ce paramètre présente un maximum en Février au niveau de la station HS1 (5.71 ± 1.57) et un minimum en Juin au niveau de la station HS2 (0.49 ± 0.39) (Tab. G, voir annexe). L'indice foliaire moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* change d'une station à l'autre (ANOVA, à $P < 0.01$). Dans l'ensemble, chacune des quatre stations est significativement différente de l'autre (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). L'indice foliaire moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* enregistré au niveau du site de Hadjadj est supérieur à celui enregistré au niveau du site de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.6.4. Indice foliaire moyen des feuilles juvéniles

L'indice foliaire moyen des feuilles juvéniles présente une variation mensuelle (ANOVA, à $P < 0.01$) ; il diminue au printemps (Avril) et augmente en été (Juin-Juillet) dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj (Fig. 56 et 57). Ce paramètre présente une différence entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$). Cette différence est significative pour la station HS2 puisqu'elle présente les plus faibles valeurs par rapport aux autres stations (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Au niveau du site de Hadjadj, le maximum est obtenu en Juin au niveau de la station HS3 (0.10 ± 0.03) et le minimum en Mars au niveau de la station HS1 (0.006 ± 0.006), tandis qu'au niveau de la station SS1 du site de Stidia, le maximum est enregistré en Février (0.049 ± 0.040) et le minimum en Avril (0.012 ± 0.011) (Tab. G, voir annexe). L'indice foliaire moyen des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* est plus élevé au niveau du site de Hadjadj par rapport à celui de Stidia (ANOVA, à $P < 0.01$).

I.2.7. Coefficient A moyen

I.2.7.1. Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

Le coefficient A moyen des feuilles globales de *P. oceanica* varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$). Au niveau des stations du site de Stidia, ce paramètre augmente progressivement de Février jusqu'au printemps début été (Avril-Mai-Juin) ; tandis qu'au niveau des stations du site de Hadjadj, le coefficient A des feuilles globales de *Posidonia oceanica* augmente de Février à Avril puis diminue progressivement jusqu'au mois de Juin (Fig. 58). Le coefficient A moyen des

feuilles globales de *Posidonia oceanica* présente une différence significative entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$) ; la variation de ce paramètre permet de séparer les stations en deux groupes significativement différents (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe), le premier groupe englobe les trois stations du site de Stidia avec les valeurs les plus élevées et le deuxième groupe est celui des stations du site de Hadjadj avec des valeurs inférieures. Au niveau du site de Stidia, le maximum est enregistré en Juin au niveau de la station SS3 (93.8 ± 10.16) et le minimum en Février au niveau de la station SS2 (68.1 ± 27.82) ; alors qu'au niveau du site de Hadjadj, le maximum est enregistré en Avril au niveau de la station HS2 (81.4 ± 12.00) et le minimum en Février au niveau de la station HS1 (48.7 ± 22.23) (Tab. H, voir annexe).

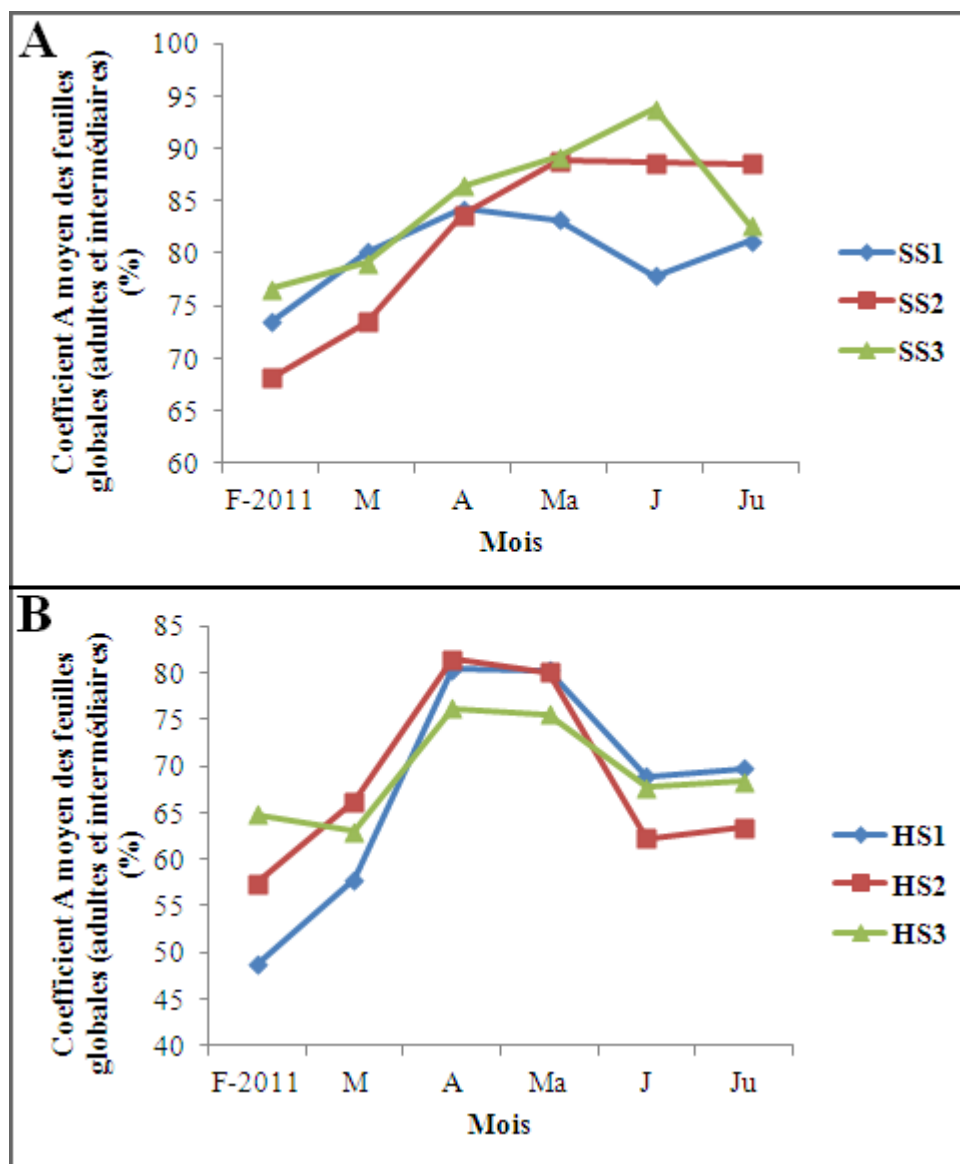


Figure 58 : Evolution mensuelle du coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia (A) et des stations (HS1, HS2 & HS2) du site de Hadjadj (B).

I.2.7.2. Coefficient A moyen des feuilles adultes

Une variation en fonction des mois du coefficient A moyen des feuilles adultes est observée au niveau de l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj (ANOVA, à $P < 0.01$). Ce coefficient augmente en printemps (Avril-Mai) et en été (Juin-Juillet), dans toutes les stations des deux sites (Fig. 59 et 60). La différence de ce paramètre entre les stations est significative (ANOVA, à $P < 0.05$), ces stations sont séparées en deux groupes significativement différents (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe), et cela de la même manière que pour les feuilles globales de Posidonies. Au niveau du site de Stidia, toutes les stations présentent un maximum de 100 % du coefficient A moyen des feuilles adultes ; SS1 et SS2 atteignent ce maximum en Avril et la station SS3 l'atteint en Mai ; le minimum est enregistré en Février au niveau de la station SS2 (90 ± 7.14) (Tab. H, voir annexe). Par ailleurs, au niveau du site de Hadjadj, un maximum de 100 % est également enregistré en Avril et en Mai respectivement au niveau des stations HS1 et HS2, tandis que le minimum est en Février dans la station HS2 (82.4 ± 6.32) (Tab. H, voir annexe).

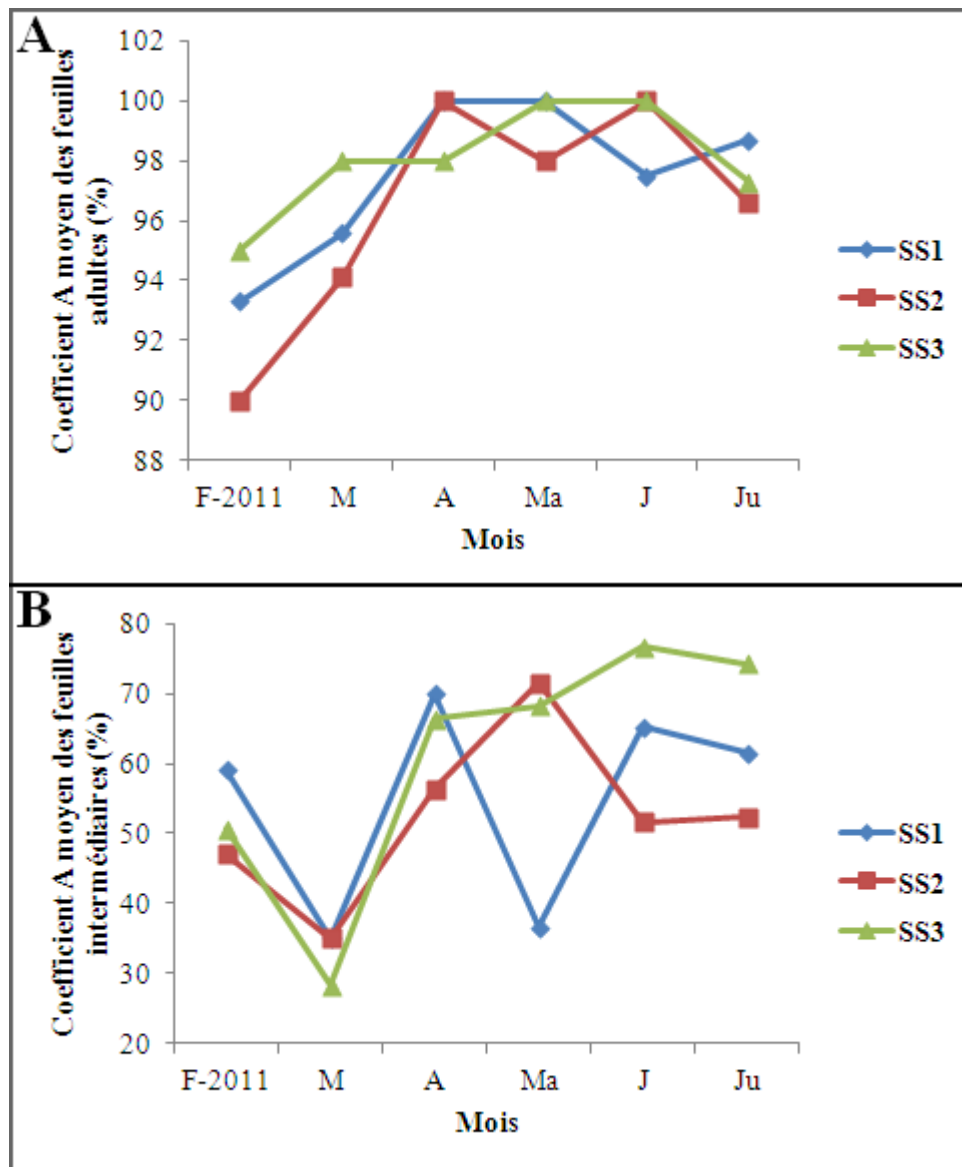


Figure 59 : Evolution mensuelle du coefficient A moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (**A**) et intermédiaires (**B**) dans l'ensemble des stations (SS1, SS2 & SS3) du site de Stidia.

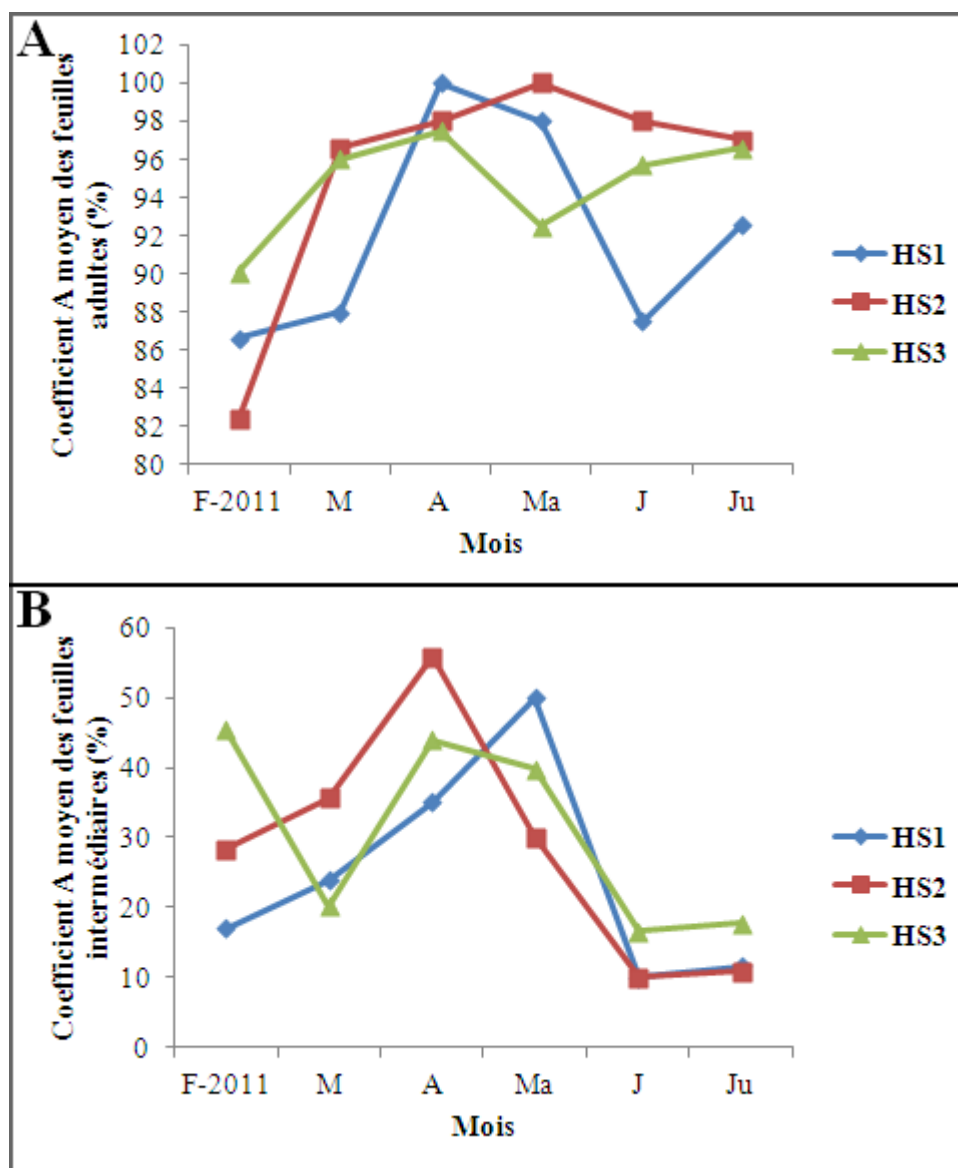


Figure 60 : Evolution mensuelle du coefficient A moyenne des feuilles de *P. oceanica* adultes (A) et intermédiaires (B) dans l'ensemble des stations (HS1, HS2 & HS3) du site de Hadjadj.

1.2.7.3. Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires

Le coefficient A moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* varie en fonction des mois (ANOVA, à $P < 0.01$). Au sein du site de Stidia, ce paramètre présente une évolution mensuelle différente entre les stations de Stidia. Le coefficient A diminue de février à mars dans l'ensemble des sites puis augmente progressivement pour atteindre un maximum respectivement en Avril pour SS1, en Mai pour SS2 et en Juin pour SS3. Cependant, une valeur minimale est observée en Mai pour la station SS1 puis ce paramètre augmente pour atteindre un maximum en juin (Fig. 59). Par ailleurs, dans les stations du site de Hadjadj, le coefficient A des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* augmente en printemps et diminue en été, à l'exception de la station HS3 qui présente une chute de ce coefficient à partir du mois de Février, puis il augmente de Mars à Mai (Fig. 60). Le coefficient A moyen des feuilles intermédiaires présente

une différence significative entre les stations (ANOVA, à $P < 0.01$) ; ce paramètre sépare significativement les stations de la même manière que pour les feuilles globales et adultes (Tukey HSD, à $P < 0.05$) (Tab. A, voir annexe). Au niveau du site de Stidia, le maximum du coefficient A des feuilles intermédiaires est en juin au niveau de la station SS3 (76.6 ± 41.74) et le minimum en Mars (28.3 ± 25.29) dans la même station (Tab. H, voir annexe). Alors qu'au niveau du site de Hadjadj, ce paramètre présente un maximum en Avril au niveau de la station HS2 (55.8 ± 34.28) et un minimum en Juin au niveau des stations HS1 (10 ± 9.05) et HS2 (10 ± 9.85) (Tab. H, voir annexe).

I.3. Comportement alimentaire des holothuries aspidochirotés inféodés aux herbiers de Posidonies étudiés

I.3.1. Analyse du taux de la matière organique

Le taux de la matière organique du sédiment ingéré par *H. (H.) tubulosa* (2.99 %) est proche de celui de son biotope (1.67 %) ; contrairement au taux de la matière organique du sédiment ingéré par *H. (P.) sanctori*, *H. (P.) forskali* et *H. (L.) poli* (9.05 %, 8.30 % et 7.45 % respectivement) qui est largement supérieur à celui de leurs biotopes (2.09 %, 2.77 % et 2.18 % respectivement) (Fig. 61). On remarque que le taux de la matière organique du contenu digestif varie d'une espèce à l'autre (ANOVA, $P < 0.01$) ; c'est *H. (P.) sanctori* qui présente le taux le plus élevé, suivie par *H. (P.) forskali* et *H. (L.) poli* ; tandis que *H. (H.) tubulosa* présente le taux le plus bas (Fig. 61).

Les fèces de *H. (H.) tubulosa* (1.89 %) et de *H. (P.) forskali* (2.36 %) présentent un taux de matière organique très proche de celui du sédiment de leurs biotopes (1.67 % et 2.77 % respectivement) ; alors que chez *H. (P.) sanctori* (8.12 %) et *H. (L.) poli* (5.98 %), le taux de la matière organique des fèces est largement supérieur à celui de leurs biotopes (2.09 % et 2.18 % respectivement) (Fig. 61). *Holothuria (P.) sanctori* présente le taux le plus élevé de la matière organique des fèces, suivie par *H. (L.) poli*, *H. (P.) forskali* et *H. (H.) tubulosa* (Fig. 61).

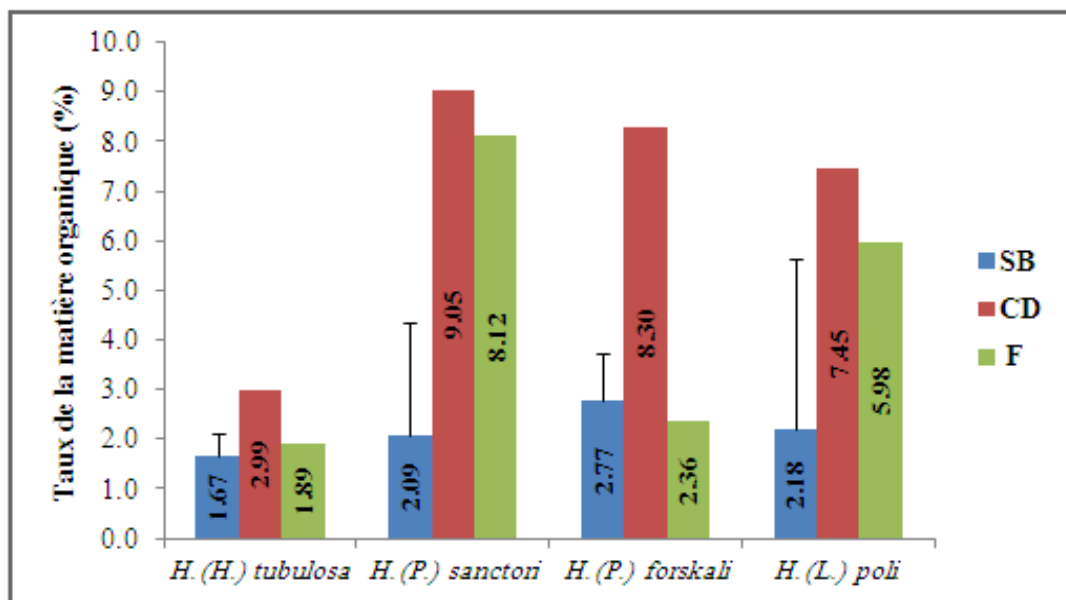


Figure 61 : Pourcentage de la matière organique du Contenu Digestif (CD), du Sédiment du Biotope (SB) et des Fèces (F) des holothuries aspidochirotés étudiées.

I.3.2. Analyse granulométrique

La fraction granulométrique moyenne est la plus représentative du sédiment au niveau du site de Stidia (68.90 %) (Fig. 62) (Tab. I, voir annexe). Toutes les proportions des fractions granulométriques du sédiment du contenu digestif de *H. (L.) poli* sont supérieures à celles du sédiment du site de Stidia, à l'exception de la fraction moyenne pour laquelle on a observé le contraire (Fig. 62). On remarque que la plus importante proportion des particules ingérées par *H. (L.) poli* est celle de la fraction moyenne avec 68.90 %, suivie des fractions fines, grossières, très grossières et très fines avec respectivement 35.69 %, 2.37 %, 0.88 % et 0.26 % (Fig. 62) (Tab. I, voir annexe).

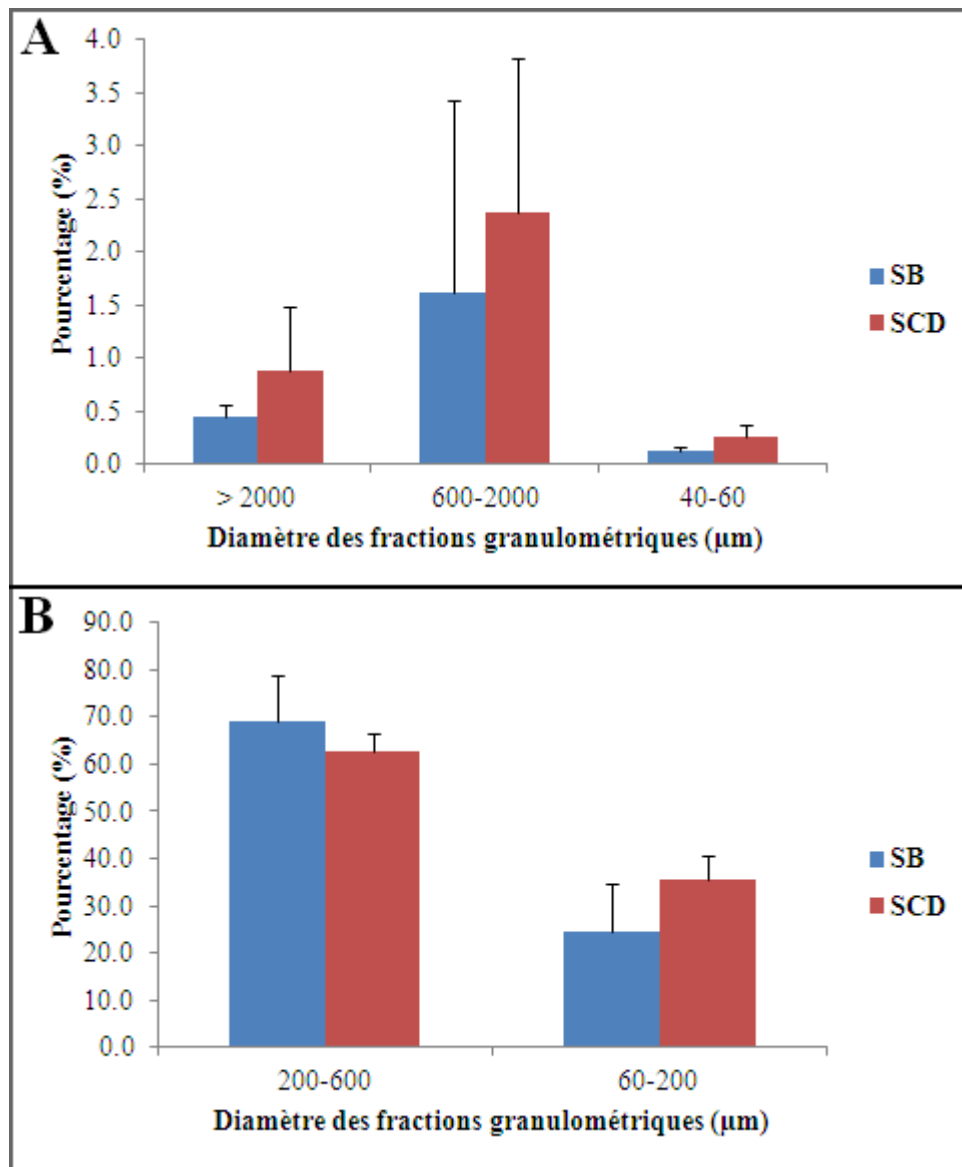


Figure 62 : Pourcentage des fractions granulométriques du Substrat du Contenu Digestif (SCD) et de celui du biotope (SB) de *H. (L.) poli* du site de Stidia. Fraction très grossière (> 2000 µm), fraction grossière (600-2000 µm) et fraction très fine (40-60 µm) en (A) ; fraction moyenne (200-600 µm) et fraction fine (60-200 µm) en (B) [Selon la classification de Berthois, (1975)].

L'indice d'électivité E' , par classe de taille des particules sédimentaires, indique que *H. (L.) poli* sélectionne de manière préférentielle les particules, dont le diamètre est inférieur à 200 µm et ceux dont le diamètre est supérieur à 600 µm, tout en rejetant la fraction de sédiment moyen (200-600 µm) (Fig. 63) ; c'est la fraction très fine du sédiment qui présente le plus haut degré de sélectivité par *H. (L.) poli* ($E' = 0.30$), suivie de la fraction grossière ($E' = 0.23$), la fraction fine ($E' = 0.21$) et la fraction très grossière ($E' = 0.16$) (Fig. 63).

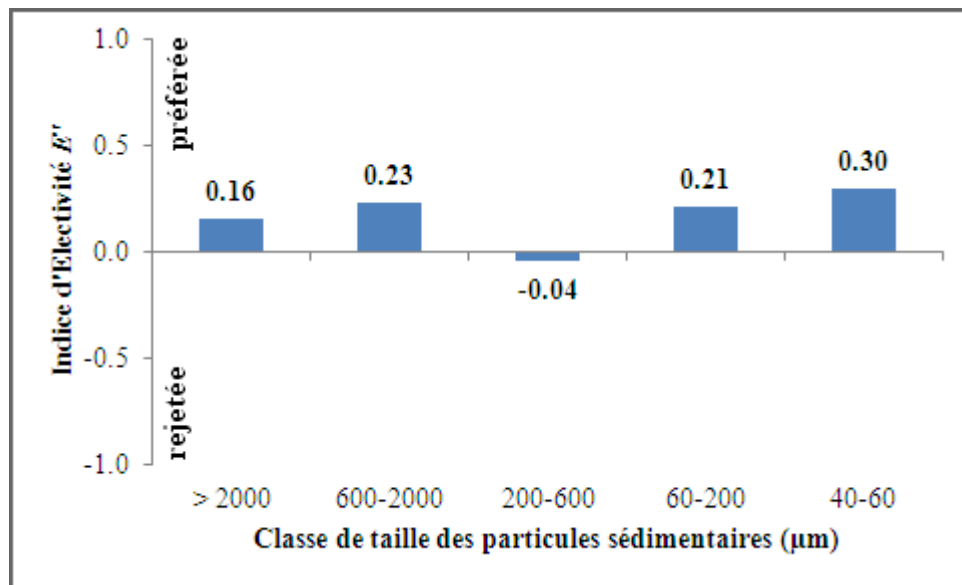


Figure 63 : Indice d'Electivité E' (représenté par les chiffres sur les histogrammes) par classe de tailles des particules sédimentaires, indiquant la préférence ou le rejet d'une classe de taille du sédiment durant la sélection de l'alimentation par *Holothuria (L.) poli*.

II. Discussion

II.1. Densité de l'herbier de Posidonies

L'obtention des valeurs supérieures de la densité au niveau des trois stations du site de Hadjadj, ainsi qu'au niveau de la station SSM du site de Stidia (Fig. 41), peut s'expliquer par le fait qu'à ces endroits l'herbier est implanté sur substrat meuble ; contrairement à celui de la station SS1 qui est installé sur roche. Cela a été aussi constaté par Giraud (1977b) et Semroud (1993) ; quoique pour Cristiani (1980), c'est les herbiers qui se développent sur substrat dur qui présentent les densités les plus élevées. Il ne faut pas oublier non plus, que le facteur profondeur joue un rôle important par rapport à la différence qui existe entre les densités au niveau de ces stations ; puisque selon Pirc (1984) et Buia *et al.*, (1992), le nombre de faisceaux par m^2 diminue lorsque la profondeur augmente en raison de la baisse de l'intensité lumineuse.

Au niveau du site de Hadjadj, la station HS2 se caractérise par un substrat vaseux et légèrement putride. Cela correspond à l'endroit du rejet des déchets ménagers des quelques habitations de ce site. C'est vraisemblablement pour cette raison que cette station présente les valeurs de densité les moins élevées du site de Hadjadj et c'est sans doute la même cause qui explique le faible nombre de faisceaux par m^2 au niveau de la station SS1 du site de Stidia. En effet, selon Pergent et Pergent-Martini (1995) et Pergent-Martini *et al.*, (1995b), l'apport de nutriments par les déversement urbains détermine la prolifération des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica*, ce qui à pour conséquence la réduction de la croissance de ses feuilles, puis la diminution de la

densité de ses faisceaux. Il est vrai qu'au niveau des stations HS2 et SS1 la densité est très faible, mais si l'on se réfère à l'échelle de Pergent *et al.*, (1995), c'est toutes les stations des deux sites qui présentent des densités en dessous de la normale (Tab. 6). Cela mène à dire qu'il peut y avoir d'autres sources de perturbations. En effet, les zones de Hadjadj et de Stidia sont des zones agricoles par excellence (Fig. G, voir annexe). La quantité d'herbicides, pesticides et autres produits chimiques qui a été utilisée (et qui est toujours utilisé) et par conséquent s'est retrouvée en mer, est d'une ampleur considérable (observation personnelle). Donc, on suppose que ça peut être la cause pour laquelle l'herbier présente ces faibles densités ; d'autant plus que l'herbier en tache qui caractérise la majorité des stations des deux sites étudiés (à l'exception des stations SS2 et SS3) conforte cette hypothèse. Bell *et al.*, (2006) estiment que l'herbier en tache reflète une perturbation d'origine anthropique de l'endroit, où est implanté celui-ci. L'herbier en tache peut être aussi à l'origine d'une perturbation d'origine naturelle, tel qu'un fort hydrodynamisme qui empêche l'installation d'un herbier à faible profondeur (Pergent *et al.*, 1985). Cela, pourrait bien être une des raisons qui empêche l'installation d'un bon herbier au niveau du site de Hadjadj. Pour des profondeurs équivalentes, Pergent et Pergent-Martini (1988) ont obtenues des densités supérieures à Urla-Iskele (Turquie) ; alors que Sghaier *et al.*, (2006) ont obtenues des densités presque similaires à El Kantaoui (Tunisie) (Tab. 7). Toutefois, nos résultats restent comparables à ceux obtenues dans différentes régions de la méditerranée.

Tableau 7 : Valeurs de densité moyenne de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Profondeur (m)	Densité	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5m	181.4 - 350.8	Présent travail
	Hadjadj	0.7m	505.6 - 193.6 - 379.2	
Urla-Iskele (Turquie)		2m 0.6 - 1m	510 1129	Pergent et Pergent-Martini, (1988)
El Kantaoui (Tunisie)		2m	388	Sghaier <i>et al.</i> , (2006)

II.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques

II.2.1. Nombre moyen de feuilles par faisceau

II.2.1.1. Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par faisceau

La variation du nombre moyen de feuilles globales de *Posidonia oceanica* au cours des mois est signalée par plusieurs auteurs ; elle serait le plus souvent liée à la quantité de lumière disponible et

à l'hydrodynamisme (Rico-Raimondino, 1995 ; Ferrari, 2006). Nos résultats corroborent ceux de Molinier et Zevaco (1962), Thélin et Giorgi (1984) et Rico-Raimondino (1995) qui signalent que le maximum de ce nombre est atteint en printemps. Par contre, Pergent et Pergent-Martini (1988) ont enregistré ce maximum en automne. Au niveau du site de Hadadj, c'est les stations (HS1 et HS3) les plus exposées au fort hydrodynamisme qui présentent le plus faible nombre moyen de feuilles globales de *Posidonia oceanica* ; à l'inverse de la station HS2 qui est une zone abrité du vent dominant et qui par conséquent présente un nombre de feuilles globales supérieur aux autres (Fig. 42). Il en est de même pour la station SS1 qui présente le nombre le plus faible du site de *Stidia* (Fig. 42) ; mais pour le cas de cette station, c'est plutôt sa faible profondeur par rapport aux stations SS2 et SS3 qui a favorisée un fort hydrodynamisme et par conséquent a engendré une réduction du nombre de feuilles. Effectivement, le rythme de chute de feuilles de *Posidonia oceanica* est influencé par l'hydrodynamisme, dont l'effet se fait sentir avec une plus grande intensité dans les stations superficielles (Buia *et al.*, 1992 ; Sánchez-Lizaso, 1993). Il est vrais que les stations du site de Hadadj sont moins profonde que celle du site de *Stidia*, mais on suppose que c'est l'importante quantité de lumière qui atteint l'herbier de Posidonies au niveau des trois stations du site de Hadadj qui leurs à permis d'avoir un nombre de feuilles de Posidonies plus important.

Pour les mêmes profondeurs, on a obtenu des résultats supérieurs à ceux de Wittmann (1984), et proches de ceux de Pergent (1987).

II.2.1.2. Nombre moyen de feuilles adultes par faisceau

Comme l'avait déjà montré Rico-Raimondino (1995), le nombre moyen de feuilles adultes est plus grand au printemps et en été par rapport à l'hiver (Fig. 43 et 44). Cette plus grande proportion de feuilles adultes en printemps et en été, semble directement liée à l'agitation des eaux (Caye, 1989 ; Mazzella *et al.*, 1984). Effectivement, la réduction de l'hydrodynamisme au cours des saisons printanières et estivales permet aux feuilles âgées de rester attachées plus longtemps sur le rhizome de *Posidonia oceanica*. Ce qui se traduit par un accroissement de leurs nombre. La disparité du nombre moyen de feuilles adultes entre les stations des deux sites est liée aux mêmes raisons qui ont crée la différence du nombre moyen des feuilles globales.

Pour les mêmes profondeurs, on a obtenu des valeurs supérieures à celles obtenues par Sghaier *et al.*, (2006) et inférieures à celles obtenues par Boumaza (1995).

II.2.1.3. Nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau

Les variations mensuelles observées pour le nombre moyen de feuilles adultes se sont inversées pour le nombre moyen de feuilles intermédiaires (Fig. 43 et 44), cette inversion avait déjà été observée par Panayotidis et Giraud (1981) et Rico-Raimondino (1995). Selon Giraud *et al.*,

(1979), la diminution du nombre de feuilles en périodes estivale serait liée au ralentissement de la croissance en cette période de l'année. De plus, Caye et Rossignol (1983) estiment que l'allongement des feuilles de *Posidonies* est plus rapide en Novembre et Décembre par rapport à la période allant de Mai à Juillet ; ainsi les feuilles intermédiaires les plus longues sont devenues adultes en période estivale, mais ne sont pas encore remplacées. Le maximum du nombre moyen des feuilles intermédiaires coïncide toujours avec le minimum de celui des feuilles juvéniles, dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj (Fig. 43 et 44) ; cette évolution met en évidence la succession de générations (Mazzella *et al.*, 1991 ; Buia *et al.*, 1992 ; Sánchez-Lizaso, 1993). On estime que la faible profondeur de la station SS1 par rapport aux deux autres stations du site de Stidia, favorise un plus fort hydrodynamisme. Ce qui a engendré le faible nombre moyen de feuilles intermédiaires de *Posidonies* (Fig. 43). Au niveau du site de Hadjadj, la station HS1 est la plus exposée au vent dominant, donc celle où l'hydrodynamisme est le plus fort. On estime que, c'est pour cette raison que le nombre moyen de feuilles intermédiaires y présente les plus faibles valeurs (Fig. 44).

Nos résultats sont, légèrement supérieures à ceux de Sghaier *et al.*, (2006) à El Kantaoui (Tunisie) et inférieurs à ceux obtenus par Boumaza (1995).

II.2.1.4. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau

Le faible nombre de feuilles juvéniles en période froide (Février) (Fig. 43 et 44), a également été signalé par Semroud (1993) et Rico-Raimondino (1995). Cela a été aussi signalé et expliqué par Wittmann (1984) et Ott (1980), qui estiment que les feuilles juvéniles apparaissent toute l'année, avec un maximum en automne et un minimum entre l'hiver et le printemps. Cependant, Caye et Rossignol (1983) ont mis en évidence que les températures basses en hiver, provoqueraient un arrêt de l'activité des méristèmes. Les feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* se positionnent à l'intérieur des faisceaux et par conséquent elles sont moins exposées à l'effet de l'hydrodynamisme ; il en résulte que le nombre moyen de cette catégorie de feuille ne change pas d'une station à l'autre (Fig. 43 et 44). Il est très probable que c'est l'effet de la profondeur qui a fait que le nombre moyen des feuilles juvéniles soit supérieur au niveau du site de Stidia. Boumaza (1995) l'avait également observé lors de son étude. Nos résultats sont inférieurs à ceux de Boumaza (1995), mais restent comparable à ceux obtenus dans les différentes régions de la méditerranée.

II.2.2. Longueur moyenne des feuilles

II.2.2.1. Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

Selon Sánchez-Lizaso (1993), la variation saisonnière de la longueur des feuilles globales peut s'expliquer par le rythme de la chute et de la formation des feuilles, donc de la succession de

différents types de feuilles dans le faisceau. Dans la majorité des stations, les feuilles les plus longues apparaissent en saison estivale (Juin) et les plus courtes en hiver (Février) (Fig. 45). En effet, selon Ott (1980) ; Wittmann (1984) et Caye (1989), le printemps correspond à la période, la plus favorable, à la croissance des feuilles et l'hiver à celle du ralentissement de cette croissance. Plusieurs auteurs signalent le même schéma évolutif.

Les faibles longueurs des feuilles observées au niveau de la station SS1 du site de Stidia (Fig. 45), sont sans doute dues à l'effet des effluents provenant de la zone d'habitation. En effet, l'accroissement de la turbidité, le dépôt des particules fines sur les feuilles (qui forment un écran à la pénétration de la lumière) et la surabondance de la matière nutritive (qui augmente le taux d'épiphytisme) sont favorisés par les effluents urbains ; toutes ses actions vont dans le sens d'une réduction de la photosynthèse, ce qui a pour résultat une diminution de la croissance des feuilles de *Posidonia oceanica* (Maggi *et al.*, 1977).

La différence signalée entre les longueurs de feuilles de Posidonies au niveau des sites de Stidia et de Hadjadj est sans doute due à la différence de profondeur, qui existe entre les stations des deux sites. Cette diminution de la longueur avec la profondeur est due à la réduction de l'intensité lumineuse (Gobert, 2002). Le rejet d'effluents urbains plus important au niveau du site de Stidia par rapport au site de Hadjadj, pourrait également constituer un facteur qui peut expliquer les faibles longueurs des feuilles de *Posidonia oceanica*, au niveau du site de Stidia.

Les longueurs de feuilles de Posidonies qu'on a enregistrées sont moins importantes que celles obtenues par Boumaza (1995) à l'anse de Kouali et Sánchez-Lizaso (1993) à Tabarka (Espagne). Par contre, des longueurs moins importantes sont obtenues à Tamenfoust par Semroud (1993). Toutefois, nos résultats restent comparables à ceux obtenus dans plusieurs régions de la Méditerranée.

II.2.2.2. Longueur moyenne des feuilles adultes

La variation mensuelle de la longueur moyenne des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* (Fig. 46 et 47), ainsi que leurs variations en fonction des stations, sont expliquées par les mêmes raisons qui ont créés la différence pour les longueurs des feuilles globales. Seulement, la stabilisation de la longueur moyenne des feuilles adultes de Posidonies à partir du mois d'Avril au niveau de la station SS1 du site de Stidia (Fig. 46), serait probablement due à une perturbation de la croissance des feuilles adultes provoquée par une réduction de la photosynthèse, suite à une couverture importante d'organisme épiphytes, du fait de l'important apport en nutriments par les effluents urbains. La longueur maximale mesurée à Stidia est de 86 cm (obtenue en Mai à la station SS2) ; tandis que celle mesurée à Hadjadj est de 95.4 cm (obtenue en Juin à la station HS2). C'est des

valeurs qui sont bien plus faible que celles relevées par Boumaza (1995) qui est de 150 cm, ainsi que celles relevées par Semroud (1993) à La Marsa qui est de 111 cm. Par contre, Ferrari (2006) avait obtenu des valeurs plus faibles que les nôtres (61.87 cm à Banyuls en France). Les valeurs de la longueur moyenne des feuilles adultes obtenues lors de ce travail sont inférieures à celles obtenues par Boumaza (1995) à l'anse de Kouali et Pergent et Pergent-Martini (1988) à Banyuls-sur-mer (France), contrairement aux valeurs obtenues par Semroud (1993) à Tamenfoust qui sont moins importantes que les nôtres.

II.2.2.3. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires

La longueur moyenne des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* varie en fonction des mois et est toujours inférieure à celle des feuilles adultes (Fig. 46 et 47) ; ceci s'explique par le fait que ces feuilles n'ont pas achevé leur croissance (Rico-Raimondino, 1995).

Les longueurs des feuilles intermédiaires et adultes chez *Posidonia oceanica* sont corrélées positivement entre elles (Ferrari, 2006). Cependant, les résultats obtenus au niveau des trois stations du site de Hadjadj et de la station SS1 du site de Stidia ne suivent pas le même schéma évolutif que celles des feuilles adultes ; la longueur des feuilles intermédiaires a tendance à diminuer, à partir du mois d'Avril au lieu d'augmenter (Fig. 46 et 47). La moyenne mensuelle de précipitation de la période allant d'Avril à Mai 2011 était supérieure à la normale, cela a engendré des crues importantes des oueds Cheliff et Abid dont le panache avait atteint le site de Hadjadj. Cela a augmenté d'une manière considérable la turbidité au niveau de ce site pendant plusieurs semaines, ce qui a réduit l'intensité lumineuse dans la colonne d'eau. Donc, on suppose que la diminution de la longueur des feuilles intermédiaires à partir du mois d'Avril serait due au ralentissement de leurs croissances, qui à son tour résulte d'une diminution de l'intensité lumineuse (réduction de la photosynthèse).

La différence qui existe entre les longueurs de feuilles intermédiaires des sites de Stidia et de Hadjadj, est due aux mêmes raisons qui ont fait la différence entre les longueurs des feuilles globales et adultes des deux sites étudiés. Les valeurs qu'on a obtenues sont inférieures à celles obtenues par Pergent et Pergent-Martini (1988) à Banyuls-sur-Mer (France) et par Sánchez-Lizaso (1993) à Tabarka (Espagne), tandis qu'elles sont supérieures à celles obtenues par Semroud (1993) à Tamenfoust.

II.2.2.4. Longueur moyenne des feuilles juvéniles

C'est la succession de génération qui est mise en évidence à travers le schéma inverse que représente la longueur moyenne des feuilles juvéniles par rapport à celle des feuilles adultes et intermédiaires (Buia *et al.*, 1992). Caye et Rossignol (1983) estiment qu'il y a un allongement des

feuilles entre Mai et Juillet ; on pense que c'est pour cette raison qu'on observe une augmentation de la longueur moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica*, à partir de la fin du printemps dans l'ensemble des stations des deux sites étudiés (Fig. 46 et 47). Les stations SS1 et SS2 du site de Stidia présentent des valeurs de la longueur moyenne des feuilles juvéniles supérieures à celle de la station SS3 du même site (Fig. 46) ; on suppose que c'est les nutriments des effluents urbains qui leur ont permis une bonne croissance. Les valeurs obtenues de ce paramètre sont supérieures à celles obtenues par Boumaza (1995).

II.2.3. Largeur moyenne des feuilles

II.2.3.1. Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

La largeur des feuilles globales change d'une manière qui n'est pas très importante au cours des mois (Fig. 48). En effet, ce paramètre ne présente qu'une variation négligeable en fonction des saisons (Drew et Jupp, 1976 ; Bay, 1978 ; Ferrari, 2006). Le maximum et le minimum de ce paramètre coïncident avec ceux de la longueur et du nombre de feuilles ; ces paramètres sont corrélés positivement entre eux (Wittmann, 1984 ; Ferrari, 2006). La station SS1 présente les plus basses valeurs de la largeur des feuilles globales du site de Stidia (Fig. 48), ce dernier est à son tour caractérisé par des valeurs de ce paramètre qui sont supérieures à ceux du site de Hadjadj ; cela résulte peut-être des conditions environnementales de chaque endroit. Effectivement, la variation spatiale de la largeur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* est corrélée à la température, la salinité, ainsi qu'à la profondeur (Phillips, 1960 ; Zieman, 1974) ; Semroud (1993) et Pergent-Martini (1994) estiment que les valeurs élevées de ce paramètre sont probablement dues à l'effet combiné d'un enrichissement en nutriment, de la turbidité et d'un important hydrodynamisme. Les valeurs obtenues au cours de notre travail sont inférieures à celles obtenues par Semroud (1993) à La Marsa, mais restent tout à fait comparables à celles obtenues dans différentes régions de la méditerranée.

II.2.3.2. Largeur moyenne des feuilles adultes

La largeur des feuilles adultes présente le même schéma évolutif que celui des feuilles globales. Pessani *et al.*, (1984), Pergent (1987), Semroud (1993) et Rico-Raimondino (1995) indiquent que la largeur moyenne des feuilles adultes a tendance à augmenter en fonction de la profondeur. Cela constitue probablement une des raisons, qui fait que ce paramètre soit supérieur au niveau du site de Stidia (Fig. 49). La présence d'un important hydrodynamisme au niveau des stations de Stidia, pourrait être un deuxième facteur qui favoriserait d'avantage l'augmentation de la largeur des feuilles adultes. Ferrari (2006) avait obtenu les mêmes résultats, d'autant plus que Larkum (1976) avait montré que *Posidonia australis* présentait des feuilles plus larges dans des zones peu abritées, régulièrement soumises à l'action des vagues.

Les valeurs que nous avons obtenues se rapprochent de celles obtenues par Pergent et Pergent-Martini (1988) et Ferrari (2006), mais Semroud (1993) avait obtenu des valeurs supérieures à La Marsa.

II.2.3.3. Largeur moyenne des feuilles intermédiaires

La largeur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* augmente de l'intérieur (les feuilles les plus jeunes) vers la périphérie (les feuilles les plus âgées). C'est pour cela que les feuilles intermédiaires sont moins larges que les feuilles adultes (Fig. 49 et 50). L'écart entre les valeurs maximales et les valeurs minimales (valeurs qui coïncident avec celles des feuilles adultes) de ce paramètre n'est pas très important. Les résultats obtenus sont presque similaires à ceux obtenus par Pergent et Pergent-Martini (1988), mais sont inférieurs à ceux obtenus par Semroud (1993) à La Marsa.

II.2.3.4. Largeur moyenne des feuilles juvéniles

La largeur moyenne des feuilles juvéniles de Posidonies présente une variation mensuelle plus ou moins marquée par rapport à celle des feuilles plus âgées (Fig. 49 et 50). En effet, Ferrari (2006) décrit des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* présentant une variation saisonnière assez marquée à l'inverse des feuilles les plus âgées. Ce paramètre suit le même schéma évolutif que celui de la longueur moyenne des feuilles juvéniles, cela s'explique par le fait que ces deux paramètres sont corrélés positivement (Wittmann, 1984). Pour les mêmes profondeurs, les valeurs de la largeur moyenne des feuilles juvéniles obtenues lors de notre étude sont supérieures à ceux obtenues par Boumaza (1995).

II.2.4. Longueur moyenne des pétioles

Comme l'ont observé Giraud (1977a) ; Thélin et Giorgi (1984) ; Pergent et Pergent-Martini (1988) ; Boumaza (1995) et Ferrari (2006), la longueur des pétioles varie avec le rang de la feuille ; elle est maximale pour les feuilles les plus âgées, car leur croissance est terminée. La variation mensuelle de la longueur moyenne des pétioles suit le même schéma évolutif que celui de la longueur moyenne des feuilles adultes ; les valeurs maximales et minimales de chacun des deux paramètres coïncident, cela au niveau de toutes les stations (Fig. 51). Effectivement, Giraud (1977a) et Ferrari (2006) ont montré l'existence d'une relation hautement significative entre la longueur moyenne des feuilles adultes et la longueur moyenne des pétioles de Posidonies ; à travers cette relation, on peut supposer que les mêmes raisons qui ont favorisées la différence de la longueur moyenne des feuilles adultes entre les stations, font que les valeurs de la longueur moyenne des pétioles soient légèrement supérieures au niveau du site de Hadjadj.

Les résultats enregistrés sont supérieurs à ceux obtenus par Pergent et Pergent-Martini (1988) à Banyuls-sur-Mer (France) et se rapprochent de ceux obtenus par Pergent-Martini *et al.*, (1993) et Ferrari (2006). Panayotidis (1980) avait obtenu des valeurs supérieures au Golf de Marseille (France).

II.2.5. Surface foliaire moyenne

Comme pour la longueur moyenne des feuilles de Posidonies, les surfaces foliaires moyennes des feuilles adultes, intermédiaires et globales par faisceau sont plus importantes en été qu'en hiver, alors que la surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles, suit un schéma évolutif inverse (Fig. 52, 53 et 54). Cette variation saisonnière est mise en évidence par Bay (1984) ; Romero-Martinengo (1985) ; Semroud (1993) ; ainsi que par Ferrari (2006). Ce dernier auteur a observé une forte corrélation entre la longueur des feuilles de *Posidonia oceanica* et leur surface foliaire. Au niveau du site de Stidia, c'est la station SS1 qui présente la plus faible valeur de la surface foliaire moyenne pour toutes les catégories de feuilles (Fig. 52 et 53) ; ces résultats sont très logiques du moment que les longueurs moyennes des feuilles sont les plus faibles au niveau de cette station, du fait des conditions environnementales (Voir chapitre III partie II.2.2.) de ces stations. Il en est de même, pour la différence de ce paramètre qui existe entre les sites de Stidia et de Hadjadj. Pour des profondeurs similaires, les résultats qu'on a enregistré sont supérieurs à ceux obtenus par Pergent et Pergent-Martini (1988) à Urla-Iskele (Turquie) et de Mabrouk *et al.*, (2009) à Sidi Salem (Mahdia, Tunisie), alors qu'ils sont inférieurs à ceux obtenus par Boumaza (1995) (Tab.8).

Tableau 8 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de surface foliaire de feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Profondeur (m)	Surface foliaire (cm ² / faisceau)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5m	267.2 (Mai) M 74.7 (Février) m	Présent travail
	Hadjadj	0.7m	319.2 (Juin) M 152.8 (Février) m	
Urla-Iskele (Turqui)		2m	262 (Juin) M 130 (Octobre) m	Pergent et Pergent-Martini, (1988)
		0.8m	229 (Aout) M 160 (Septembre) m	
Sidi Salem (Mahdia, Tunisie)		3m	180.6 (Juin) M 54.5 (Décembre) m	Mabrouk <i>et al.</i> , (2009)
Anse de Kouali (Algerie)		2m	396.8 (Juin) M 167.2 (Septembre) m	Boumaza, (1995)
		0.7m	332.5 (Juin) M 160.9 (Octobre) m	

II.2.6. Indice foliaire moyen

L'indice foliaire des feuilles globales, adultes, intermédiaires et juvéniles de *Posidonia oceanica* présente la même évolution mensuelle que la longueur des feuilles (Fig. 55, 56 et 57) ; Ferrari (2006) enregistre une forte corrélation entre eux. Pour toutes les catégories de feuilles de Posidonies, ce paramètre montre une différence entre les stations ; il est très bas au niveau des stations HS2 et SS1 (Fig. 55, 56 et 57). Il est tout à fait normal que les indices foliaires soient moins élevés pour ces stations, étant donné que les herbiers au niveau de celles-ci sont les moins denses (Voir Tab. 7).

Pour les mêmes profondeurs, les résultats enregistrés sont nettement inférieurs à ceux obtenus par Boumaza (1995) à l'anse de Kouali, alors qu'on a obtenu à la station SS1 de Stidia des valeurs qui se rapprochent à ceux obtenus par Semroud (1993) à Tamenfoust. Mc Roy et Mc Millian (1973) estiment que l'indice foliaire de 20 m²/m² est maximal pour les phanérogames marines ; or Giraud *et al.*, (1977a) en Corse, mesurent des valeurs d'indice foliaire global de Posidonies plus de deux fois supérieures.

II.2.7. Coefficient A moyen

II.2.7.1. Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

Le coefficient A moyen des feuilles globales est maximal en printemps et en été au niveau du site de Stidia, alors que le maximum pour le site de Hadjadj est atteint en printemps (Fig. 58). La communauté épiphyte est considérable en ces périodes, du moment que les conditions environnementales (Luminosité et température) y sont très favorables (Alcoverro *et al.*, 1997 ; Lepoint *et al.*, 1999), cela entraîne une consommation importante des feuilles de *Posidonia oceanica* par les herbivores représentés par l'échinoïde *Paracentrotus lividus* (Verlaque et Nedelec, 1983 ; Zupo et Fresi, 1984 ; Ruiz Fernandez, 2000) et le poisson *Sarpa Salpa* (Verlaque, 1990 ; Ruiz Fernandez, 2000), dont les communautés sont très importantes au niveau du site de Stidia (observation personnel). En plus du broutage, l'intense hydrodynamisme au niveau des deux sites étudiés a également contribué à obtenir ces importantes valeurs du coefficient A ; Eugene (1978) ; Mazzella *et al.*, (1981) et Wittmann *et al.*, (1981a) estiment que l'action de l'hydrodynamisme augmente le taux du coefficient A.

L'apport des nutriments par les effluents urbains et les zones agricoles, font que le coefficient A est plus important au niveau du site de Stidia plutôt qu'à celui de Hadjadj. En effet, l'épiphytisme augmente avec l'apport important en nutriments (Moor et Wetzel, 2000), ce qui favoriserait évidemment un important broutage.

Les valeurs du coefficient A moyen des feuilles globales qu'on a obtenues, sont proches de celles obtenues par Pergent et Pergent-Martini (1988) à Banyuls-sur-Mer (France) et Semroud (1993) à La Marsa, par contre celles obtenues par Sghaier *et al.*, (2006) sont inférieures aux nôtres.

II.2.7.2. Coefficient A moyen des feuilles adultes

Les résultats du coefficient A moyen des feuilles adultes (Fig. 59 et 60) sont expliqués par les mêmes raisons qui ont induit la variation spatio-temporelle de ce paramètre chez les feuilles globales de *Posidonia oceanica* ; Giraud (1977a) avait signalé que le coefficient A des feuilles adultes et globales de la Posidonie varie de la même façon. Les valeurs obtenues sont supérieures à celles obtenues par Amoutzopoulou-Schina et Haritonidis (2005) dans le Golf de Pagassitikos (Grèce).

II.2.7.3. Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires

Le coefficient A moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* est inférieur à celui des feuilles adultes (Fig. 59 et 60). En effet, les feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* sont plus récentes et mieux protégées de l'action des herbivores et de l'action de l'hydrodynamisme, du fait de leur position intérieure dans le faisceau de Posidonie (Giraud, 1977a ; Buia *et al.*, 1985 ; Pergent et Pergent-Martini, 1988). Les résultats qu'on a obtenus, sont supérieurs à ceux obtenus par Giraud (1979), ainsi que ceux obtenus par Boumaza (1995).

II.3. Comportement alimentaire des holothuries aspidochiotes inféodés aux herbiers de Posidonies étudiés

II.3.1. Analyse du taux de la matière organique

Chez les quatre espèces d'holothuries étudiées, le taux de la matière organique, retrouvé dans le sédiment de leurs contenus digestifs, est élevé par rapport à celui retrouvé dans le sédiment de leurs biotopes (Fig. 61) ; cela peut être le résultat d'une certaine sélectivité envers la matière organique. En effet, le caractère sélectif des holothuries envers la matière organique a été largement signalé dans la littérature, notamment par Moriarty (1982) ; Mezali (2004c ; 2008). Nos résultats nous permettent de classer les espèces d'holothuries aspidochiotes étudiées selon leur sélectivité vis-à-vis de la matière organique ; *Holothuria (P.) sanctori* est l'espèce la plus sélective suivie de *Holothuria (P.) forskali* , puis de *Holothuria (L.) poli*, alors que *Holothuria (H.) tubulosa* constitue l'espèce la moins sélective ; la différence entre les concentrations de la matière organique dans le tube digestif de ces espèces (Fig. 61), pourrait s'expliquer par le fait que chacune d'entre elles fréquente un biotope spécifique. En effet, *Holothuria (H.) tubulosa* se rencontre au niveau des intermattes de l'herbier de Posidonies (Cherbonnier, 1959 ; Mezali, 2004b), qui est un milieu très influencé par l'hydrodynamisme et par conséquent a tendance à

dispenser la nourriture. *Holothuria (P.) sanctori* et *Holothuria (P.) forskali* sont des espèces cryptiques qui se rencontrent souvent entre les rhizomes au niveau des tombants de matte de Posidonies (Fig. 12) (Mezali, 2008), biotope où une grande quantité de matériels biodétritiques est décantée (et par conséquent accumulée) par les feuilles de Posidonies (Blanc, 1958 ; Boudouresque et Jeudy De Grissac, 1983).

Le taux de matière organique dans le sédiment du contenu digestif chez *Holothuria (L.) poli* est plus important que celui chez *Holothuria (H.) tubulosa* (Fig. 61), ce résultat ne corrobore pas celui obtenu par Mezali (2004c), qui a obtenu des résultats contraires [8.70 % et 6.67 % de matière organique respectivement dans le sédiment du contenu digestif de *H. (H.) tubulosa* et *H. (L.) poli*] dans la région de Tamentefoust (Alger) qui est une zone plus ou moins abritée que celle de Stidia. Lors de notre échantillonnage, on avait remarqué que la majorité des individus de *Holothuria (L.) poli* se cantonnaient au niveau des prairies de *Caulerpa prolifera* qui précédait l'herbier de Posidonies. À travers sa capacité de rétention et de piégeage des particules organiques, *Caulerpa prolifera* favorise l'enrichissement du sédiment en quantité importante de matière organique (Chisholm *et al.*, 1997 ; Holmer *et al.*, 2009 ; Hendricks *et al.*, 2010) ; cela pourrait expliquer le résultat obtenu.

Un important taux de matière organique est retrouvé dans les fèces de *Holothuria (P.) sanctori* et *Holothuria (L.) poli* (Fig. 61) ; cela démontre que la matière fécale contient une forte teneur de composés nutritifs (Honjo, 1978). Cependant, le taux de matière organique des fèces chez *Holothuria (H.) tubulosa* et *Holothuria (P.) forskali* est pratiquement égale à celui du sédiment (Fig. 61) ; cela pourrait être le résultat de la difficulté d'échantillonnage des pelotes fécales qui sont en contact directe avec le sédiment (il est possible que nous ayons prélevé une quantité de sédiment avec les fèces). Le taux élevé de matière organique dans les fèces des holothuries étudiées peut expliquer la tendance de celles-ci à les manger (Khripounoff et Sibuet, 1980) et par conséquent, ce comportement alimentaire prouve la sélectivité de ces espèces pour tout ce qui est organique ou encroûté par la matière organique (Massin et Jangoux, 1976). Les résultats obtenus corroborent avec ceux de Mezali (2008), du moins pour *Holothuria (P.) sanctori*, *Holothuria (H.) tubulosa* et *Holothuria (P.) forskali*.

Les spicules des tentacules de *H. (H.) tubulosa*, *H. (L.) poli*, *H. (P.) forskali* et *H. (P.) sanctori* sont des bâtonnets droits et arqués ; seulement, ceux de *H. (H.) tubulosa* et *H. (L.) poli* ont des ramifications et rugosités plus prononcées que ceux de *H. (P.) forskali* et *H. (P.) sanctori* (Mezali, 2008). Les spicules ramifiés procurent une surface rugueuse aux corps des holothuries et jouent le rôle d'un support de frottement (Rowe, 1969). On se référant aux divisions écologiques des

holothuries aspidochiotes basées sur la forme des spicules, proposée par Deichmann (1958 In Rowe, 1969) (voir chapitre I partie II.5), on s'aperçoit que *H. (H.) tubulosa* et *H. (L.) poli* sont des espèces de zones battues, alors que *H. (P.) forskali* et *H. (P.) sanctori* sont plutôt des espèces fugitives. Cette classification fait apparaître une certaine partition de la niche écologique entre ces différentes espèces d'holothuries aspidochiotes, avec une préférence de *H. (H.) tubulosa* et *H. (L.) poli* pour les intermattes de Posidonies et celle de *H. (P.) forskali* et *H. (P.) sanctori* pour les tombants de mattes de Posidonies.

En générale, on estime que la rétention du matériel biodétritique (riche en matière organique) et le maintien en place des particules sédimentaire par les végétaux marins plus particulièrement par les feuilles de Posidonies, joue un rôle primordial dans le comportement alimentaire des holothuries aspidochiotes étudiées, du moment que les différent biotopes de l'herbier à *Posidonia oceanica* constituent des biotopes qui leurs fournissent toutes les exigences alimentaires.

II.3.2. Analyse granulométrique

Le sédiment du site de Stidia est dominé par la fraction de sable moyen (Fig. 62), qui témoigne de l'action de l'hydrodynamisme (Jeudy De Grissac et Le Fur, 1983) ; celui-ci favorise la dispersion de la fraction de sable fin, d'où le faible pourcentage de cette dernière par rapport à la fraction de sable moyen. *Holothuria (L.) poli* à tendance à sélectionner une grande quantité et de manière préférentielle la fraction fine (Fig. 62). Toutefois, c'est la fraction très fine qui est la plus préférée des fractions granulométriques (du moment qu'elle présente le plus haut indice d'électivité) (Fig. 63), même si elle est très peu ingérée. Cela s'explique par le fait que les teneurs en matière organique augmentent avec les fractions fines (Berthois *et al.*, 1968). En effet, les holothuries ont le pouvoir de reconnaître et de sélectionner les particules organiques les plus riches en matière organique (Massin et Jangoux, 1976 ; Khripounoff et Sibuet, 1980). Massin et Jangoux (1976) et Bouland *et al.*, (1982) supposent que cette reconnaissance se fait à partir des récepteurs gustatifs localisés au niveau des podia péribuccaux. *Holothuria (L.) poli*, présente un degré de sélectivité pour la fraction grossière presque égale à celui pour la fraction de sable fin (Fig. 63) ; cette tendance à sélectionner la fraction grossière a été également observé par Mezali *et al.*, (2003) et Mezali (2008).

On suppose que les résultats obtenus dans cette étude sont cohérents avec le model du comportement alimentaire des dépositores marins, proposé par Thagon *et al.*, (1978). Ce model part du principe que ces animaux ont tendance à sélectionner les plus petites particules revêtues d'important taux de matière organique, afin de maximiser leurs gains en énergie. Selon l'auteur, le

model prévoit une relation entre la sélection granulométrique, l'efficacité d'assimilation de l'aliment ainsi que son temps de passage dans l'intestin et le cout du rejet des particules. Ainsi, cette habilité d'ajustement du taux d'ingestion chez les déposivores marins cohère avec la théorie de l'"Optimal Foraging" (Taghon, 1981), qui suppose qu'un animale reconnait et choisit l'aliment qui lui fourni le maximum d'énergie en un minimum de temps (Charnov, 1976 ; Taghon, 1982 ; Pyke, 1984).

DISCUSSION GENERALE

Discussion générale

Ce mémoire est réalisé selon deux axes: le premier axe porte sur l'étude de l'état de santé des herbiers de Posidonies, à travers l'évaluation de la densité des herbiers et le suivi mensuel des paramètres phénologiques, au niveau de deux sites de la frange côtière Mostaganemoise, notamment Stidia et Hadjadj. Le deuxième axe, consiste en une étude de la relation entre les herbiers de Posidonies et quelques holothuries aspidochirotés inféodées à celui-ci, à travers l'étude de leurs comportements alimentaires.

La densité des herbiers de Posidonies obtenue au niveau du site de Hadjadj diffère d'une station à l'autre, et chacune d'elle correspond à un type d'herbier selon la classification de Giraud (1977b). C'est au niveau de la station HS2 qu'on a enregistré la plus faible valeur de cette densité moyenne ; les nutriments contenus dans les déchets ménagers rejetés par les quelques cabanons (en période estivale) en est vraisemblablement la cause. Les faibles valeurs de la densité moyenne des faisceaux de *Posidonia oceanica* au niveau de la station SS1 du site de Stidia, sont probablement dues aux déversements des déchets ménagers des habitations limitrophes de cette station. Seulement, l'effet des effluents urbains se fait plus ressentir au niveau de la station SS1 du site de Stidia, du fait du grand nombre d'habitations, par conséquent, cette station présente les plus faibles valeurs de densité moyenne par rapport à toutes les autres stations des deux sites étudiés.

La localisation de l'herbier de Posidonies du site de Stidia sur un substrat rocheux, pourrait également être à l'origine de sa faible densité par rapport à celui du site de Hadjadj, qui est implanté sur un substrat sableux. Le facteur profondeur pourrait à son tour avoir une influence sur la disparité entre la densité des herbiers de Posidonies des deux sites étudiés. Cependant, si l'on se réfère à l'échelle de Pergent *et al.*, (1995), c'est toutes les stations des deux sites (Stidia et Hadjadj) qui présentent des densités en dessous de la normale. L'importante quantité d'herbicides, pesticides et autres produits chimiques provenant des terres agricoles limitrophes aux sites de Stidia et de Hadjadj, est probablement à l'origine de ces densités anormales. Pour des profondeurs équivalentes, on a obtenu des valeurs de densité comparables à celles obtenues dans les différentes régions de la Méditerranée.

Le nombre moyen de feuilles globales de Posidonies est plus important au printemps et en été par rapport à l'hiver. Cette variation est le plus souvent liée à la quantité de lumière disponible et à l'hydrodynamisme (Rico-Raimondino, 1995 ; Ferrari, 2006). Au niveau du site de Hadjadj, c'est les stations les plus exposées au fort hydrodynamisme (HS1 et HS3) qui présentent le plus faible nombre moyen de feuilles globales ; à l'inverse de la station HS2 qui est une zone abritée et qui par conséquent présente un nombre de feuilles globales supérieur aux autres. Au niveau du site de Stidia, c'est la station SS1 qui présente le plus faible nombre de feuilles globales ; la faible

profondeur de cette station a favorisé un important hydrodynamisme, ce qui a engendré la réduction du nombre de feuilles globales de *Posidonia oceanica*. En effet, le rythme de chute de feuilles de Posidonies est influencé par l'hydrodynamisme, dont l'effet se fait sentir avec une plus grande intensité dans les stations superficielles (Buia *et al.*, 1992 ; Sánchez-Lizaso, 1993). On suppose que l'importante quantité de lumière qui atteint l'herbier de Posidonies au niveau des trois stations du site de Hadjadj, leurs a permis d'avoir un nombre de feuilles plus important. Pour les mêmes profondeurs, on a obtenu des résultats supérieurs à ceux de Wittmann (1984), mais qui se rapprochent de ceux de Pergent (1987).

Le nombre moyen de feuilles adultes est plus élevé au printemps et en été par rapport à l'hiver. Cette plus grande proportion de feuilles adultes au printemps et en été, semble directement liée à l'agitation des eaux. Effectivement, la réduction de l'hydrodynamisme au cours des saisons printanière et estivale permet aux feuilles âgées de rester attachées plus longtemps sur les rhizomes de Posidonies ; ce qui se traduit par un accroissement de leurs nombre. La disparité du nombre moyen de feuilles adultes entre les stations des deux sites est la même que celle des feuilles globales, elle est donc liée aux mêmes raisons qui ont créé la différence pour le nombre moyen des feuilles globales.

Les variations mensuelles observées pour le nombre moyen de feuilles adultes se sont inversées pour le nombre moyen de feuilles intermédiaires. La diminution du nombre de feuilles en période estivale serait liée au ralentissement de la croissance en cette période de l'année (Giraud *et al.*, 1979 ; Caye et Rossignol, 1983). Nos résultats sont, légèrement supérieurs à ceux de Sghaier *et al.*, (2006) à El Kantaoui (Tunisie) et inférieurs à ceux obtenues par Boumaza (1995).

Dans la majorité des stations des deux sites étudiés, les feuilles les plus longues apparaissent en saison estivale (Juin) et les plus courtes en hiver (Février). En effet, le printemps correspond à la période la plus favorable à la croissance des feuilles et l'hiver à celle du ralentissement de cette croissance (Caye, 1989). Au niveau du site de Stidia, les faibles longueurs des feuilles de Posidonies observées au niveau de la station SS1, sont, sans doute, dues à l'effet des effluents provenant de la zone d'habitation. En effet, l'accroissement de la turbidité, le dépôt des particules fines sur les feuilles (qui forment un écran à la pénétration de la lumière) et la surabondance de la matière nutritive (qui augmente le taux d'épiphytisme) sont favorisés par les effluents urbains. Toutes ses actions vont dans le sens d'une réduction de la photosynthèse, ce qui a pour résultat une diminution de la croissance des feuilles de *Posidonia oceanica* (Maggi *et al.*, 1977). La différence signalée entre les longueurs de feuilles de Posidonies au niveau des sites de Stidia et de Hadjadj est sans doute due à la différence de profondeur qui existe entre les stations des deux

sites. Cette diminution de la longueur avec la profondeur serait due à la réduction de l'intensité lumineuse. Le rejet d'effluents urbains plus important au niveau du site de Stidia, pourrait constituer un facteur supplémentaire pour expliquer les faibles longueurs des feuilles de *Posidonia oceanica*, au niveau du site de Stidia (particulièrement dans la station SS1). Le schéma inverse que représente la longueur moyenne des feuilles juvéniles par rapport aux autres catégories de feuilles de *Posidonia oceanica* est expliqué par la succession de génération. La seule anomalie réside dans le fait que les feuilles intermédiaires au niveau des trois stations du site de Hadjadj, ne suivent pas la même évolution que celle des feuilles adultes. La longueur des feuilles intermédiaires a tendance à diminuer à partir du mois d'Avril au lieu d'augmenter. On suppose que cette diminution de la longueur des feuilles intermédiaires serait due au ralentissement de leurs croissances. Ceci résulterait probablement d'une diminution de l'intensité lumineuse (réduction de la photosynthèse) du fait de la turbidité engendrée par les importantes crues des oueds Cheliff et Abid (issues des fortes précipitations entre Avril et Mai 2011) dont le panache avait atteint le site de Hadjadj et qui avait duré plusieurs semaines (observations personnelle).

La largeur des feuilles de Posidonies ne change pas d'une manière très importante au cours des mois. La station SS1 présente les plus basses valeurs de la largeur des feuilles globales du site de Stidia, ce dernier est à son tour caractérisé par des valeurs de ce paramètre qui sont supérieures à celles du site de Hadjadj. Cela résulte peut être des conditions environnementales de chaque endroit. Effectivement, la variation spatiale de ce paramètre serait corrélée à la température, la salinité, la profondeur ainsi qu'à l'effet combiné d'un enrichissement en nutriments, de la turbidité et d'un important hydrodynamisme (Zieman, 1974 ; Pergent-Martini, 1994).

La variation mensuelle de la longueur moyenne des pétioles suit le même schéma évolutif que celui de la longueur moyenne des feuilles adultes de *Posidonia oceanica*. Effectivement, Giraud (1977a) et Ferrari (2006) ont montré l'existence d'une relation hautement significative entre la longueur moyenne des feuilles adultes et la longueur moyenne des pétioles. Les résultats enregistrés sont supérieurs à ceux obtenus par Pergent et Pergent-Martini (1988) à Banyuls-sur-Mer (France) et se rapprochent de ceux obtenus par Pergent-Martini *et al.*, (1993) et Ferrari (2006) ; par contre, Panayotidis (1980) avait obtenue des valeurs supérieures au Golf de Marseille (France).

La surface foliaire moyenne de l'ensemble des catégories de feuilles de *Posidonia oceanica* est plus importante en été qu'en hiver, mis à part la surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles qui suit un schéma évolutif inverse. Au niveau du site de Stidia, c'est la station SS1 qui présente la plus faible valeur de la surface foliaire pour toutes les catégories de feuilles. Ces résultats sont très

logiques du moment que les longueurs moyennes des feuilles sont les plus faibles au niveau de cette station. Il en est de même pour la différence de ce paramètre qui existe entre les sites de Stidia et de Hadjadj.

L'indice foliaire de l'ensemble des catégories de feuilles de *Posidonia oceanica* présente la même évolution mensuelle que la longueur des feuilles. Ce paramètre montre une différence entre les stations ; il est très bas au niveau des stations HS2 et SS1, étant donné que les herbiers au niveau de celles-ci sont les moins denses.

Le coefficient A moyen des feuilles de Posidonies est maximal au printemps et en été au niveau du site de Stidia, alors que le maximum pour le site de Hadjadj est atteint au printemps. La communauté épiphyte est considérable en ces périodes, du moment que les conditions environnementales (luminosité et température) y sont très favorables (Alcoverro *et al.*, 1997 ; Lepoint *et al.*, 1999), cela entraîne une consommation importante des feuilles de Posidonies et leurs épiphytes par les organismes herbivores (Ruiz Fernandez, 2000). L'intensité de l'hydrodynamisme au niveau des deux sites de Stidia et de Hadjadj a également contribué à obtenir ces importantes valeurs du coefficient A. L'apport des nutriments par les effluents urbains et les zones agricoles, font que le coefficient A est plus important au niveau du site de Stidia plutôt qu'à Hadjadj. Le coefficient A moyen des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* est supérieur à celui des feuilles intermédiaires, du fait que ces dernières sont plus récentes, mieux protégées de l'action des herbivores et de l'action de l'hydrodynamisme (grâce à leur position intérieur dans le faisceau de la Posidonie). Les valeurs du coefficient A moyen des feuilles de *Posidonia oceanica* qu'on a obtenues, sont proches de celles obtenues par Pergent et Pergent-Martini (1988) à Banyuls-sur-Mer (France) et Semroud (1993) à La Marsa ; par contre, celles obtenue par Sghaier *et al.*, (2006) sont inférieures aux nôtres.

A travers nos résultats, on estime que c'est les stations SS1 du site de Stidia et la station HS2 du site de Hadjadj qui sont les plus perturbées, compte tenu de leurs rapprochements de la source de pollution (habitations). Alors que la station SS3 du site de Stidia avec son herbier de plaine, peut être considérée comme la plus saine de toutes les stations étudiées. Malheureusement, il est à signaler que la canalisation des eaux usées qui est entrain d'être installée au niveau du site de Stidia, devrait déverser ces eaux directement au niveau de la station SS3.

Le taux de la matière organique, retrouvé dans le sédiment du contenu digestif des quatre espèces d'holothuries aspidochiotes étudiées, est élevé par rapport à celui retrouvé dans le sédiment de leurs biotopes. Cette observation peut être le résultat d'une certaine sélectivité de ces espèces pour

la matière organique. Les résultats obtenus, nous permettent de classer les espèces d'holothuries aspidochirotes étudiées, selon leurs sélectivité vis-à-vis de la matière organique : *Holothuria (P.) sanctori* est l'espèce la plus sélective suivie par *Holothuria (P.) forskali* puis par *Holothuria (L.) poli*, alors que *Holothuria (H.) tubulosa* constitue l'espèce la moins sélective. La différence entre les concentrations de la matière organique dans le tube digestif de ces espèces, pourrait s'expliquer par le faite que chacune d'entre elles fréquente un biotope spécifique. En effet, *Holothuria (H.) tubulosa* se rencontre au niveau des intermattes de l'herbier de Posidonie (Mezali, 2004b), qui est un milieu très influencé par l'hydrodynamisme et par conséquent a tendance à disperser la nourriture. *Holothuria (P.) sanctori* et *Holothuria (P.) forskali* sont des espèces cryptiques qui se rencontrent souvent entre les rhizomes au niveau des tombants de matte (Mezali, 2008), biotope où une grande quantité de matériels biodétritiques est décantée par les feuilles de Posidonies (Boudouresque et Jeudy De Grissac, 1983).

Le taux de la matière organique dans le sédiment du contenu digestif chez *Holothuria (L.) poli* est plus important que celui chez *Holothuria (H.) tubulosa*. On estime que le cantonnement de la plupart des individus de *Holothuria (L.) poli* au niveau des prairies de *Caulerpa prolifera* qui précède l'herbier de Posidonies, pourrait constituer un facteur potentiel. En effet, il a été démontré que *Caulerpa prolifera* est capable de retenir et de piéger les particules organiques (Chisholm *et al.*, 1997 ; Holmer *et al.*, 2009 ; Hendricks *et al.*, 2010). Ce qui favorise l'enrichissement du sédiment en quantité importante de matière organique. Un important taux de matière organique est retrouvé dans les fèces de *Holothuria (P.) sanctori* et *Holothuria (L.) poli*. Cela démontre que la matière fécale contient une forte teneur de composés nutritifs. Les résultats obtenus concordent avec ceux de Mezali (2008), du moins pour *Holothuria (P.) sanctori*, *Holothuria (H.) tubulosa* et *Holothuria (P.) forskali*.

On estime que la rétention du matériel biodétrétique (riche en matière organique) et le maintien en place des particules sédimentaires par les feuilles de Posidonies, jouent un rôle primordial dans le comportement alimentaire des holothuries aspidochirotes étudiées, du moment que les différents biotopes de l'herbier à *Posidonia oceanica* constituent des milieux qui leurs fournissent toutes les exigences alimentaires.

Le sédiment du site de Stidia est dominé par la fraction de sable moyen, qui témoignerait de l'action de l'hydrodynamisme (facteur qui favorise la dispersion de la fraction de sable fin). *Holothuria (L.) poli* a tendance à sélectionner une grande quantité et de manière préférentielle la fraction fine du sédiment. Toutefois, même très peu ingérée, cette fraction très fine est la plus

préférée des fractions granulométriques, du moment qu'elle présente le plus haut indice d'électivité.

On suppose que les résultats obtenus dans cette étude sont cohérents avec le model du comportement alimentaire des organismes "deposit-feeders" marins, qui se base sur la théorie de l'"Optimal Foraging". Cette théorie part du principe que ces animaux benthiques ont tendance à sélectionner les plus petites particules revêtues d'importants taux de matières organiques, afin de maximiser leurs gains en énergie.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce travail nous a permis d'en ressortir avec une idée générale sur l'état de santé des herbiers à *Posidonia oceanica* des deux sites situés dans la côte de Mostaganem (Stidia et Hadjadj) ; ainsi que d'avoir un aperçu sur le comportement alimentaire et la relation de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes qui forment un des compartiments important de l'herbier à *Posidonia oceanica*.

Les caractéristiques morpho-structurales de l'herbier de Posidonies au niveau des stations SS1 et SSM du site de Stidia, ainsi qu'au niveau des trois stations (HS1, HS2 et HS3) du site de Hadjadj, ne ressemblent à aucun des 7 types d'herbiers décrits par Boudouresque *et al.*, (2006). Ces herbiers sont constitués de plusieurs taches plus au moins circulaires, d'une superficie variable d'un endroit à l'autre. Cette structure en tache de l'herbier de Posidonies reflète une perturbation d'origine anthropique de l'endroit où est implanté celui-ci, ou peut être aussi à une perturbation d'origine naturelle, tel qu'un fort hydrodynamisme qui empêche l'installation d'un herbier à faible profondeur.

Les valeurs de la densité ont fait apparaître une certaine hétérogénéité de l'herbier. Chacune des densités des trois stations du site de Hadjadj correspond à un type d'herbier spécifique. C'est la station HS2 qui a la plus faible densité. Au niveau du site de Stidia, la valeur de la densité au niveau de la station SS1 est inférieure à celle de la station HS2 du site de Hadjadj, du fait de l'importance des rejets des effluents urbains ; le substrat rocheux sur lequel évolue l'herbier de Posidonie du site de Stidia pourrait constituer un facteur supplémentaire de cette faible valeur de la densité.

L'étude des paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica*, nous a permis de mettre en évidence une variation mensuelle des herbiers, au niveau de toutes les stations des sites de Stidia et de Hadjadj. Ces paramètres ont des valeurs significativement plus élevées en fin de Printemps (Avril-Mai) et en Eté (Juin-Juillet), qui pourraient être dues à l'augmentation de la température et de la luminosité.

Au niveau du site de Stidia, les effluents de la zone d'habitation et l'apport en nutriments (P, N, Si...) des zones agricoles constituent vraisemblablement la source principale des faibles valeurs des paramètres phénologiques obtenues. Compte tenu de son rapprochement de la zone d'habitation, la station SS1 est celle où l'effet de la perturbation se fait le plus ressentir ; les plus faibles valeurs des paramètres phénologiques en est le résultat. Au niveau du site de Hadjadj, les habitations sont de moindre importance, donc, l'effet des effluents est moins senti. La faible distance qui sépare les trois stations du site de Hadjadj fait que les valeurs des paramètres

phénologiques de *P. oceanica* dans ces stations soient proches. Cependant, les valeurs des paramètres du site de Hadjadj sont supérieures à celles de Stidia, mais restent toujours inférieures aux valeurs obtenues pour des herbiers de bonne vitalité. Ces constatations suggèrent l'existence d'une qualité moyenne des eaux qui dérivent au dessus des herbiers de Posidonies des deux sites.

Toutes les espèces d'holothuries aspidochirotés étudiées lors de ce travail ont un comportement sélectif envers la matière organique. Toutefois, la différence qui existe entre le taux de matière organique ingérée par ces espèces est due à leurs micro-répartitions au sein des différents biotopes de *Posidonia oceanica*.

Holothuria (L.) poli, a tendance à sélectionner de manière préférentielle les fractions de sable fin et très fin du fait de leurs richesses en matières organiques. Ceci est en accord avec la théorie de l'"Optimal Foraging" des dépositores ; le sédiment est sélectionné bien avant d'être ingéré, avec comme critère de sélection la taille des particules sédimentaires. L'idée générale qui ressort de l'étude du comportement alimentaire des holothuries aspidochirotés inféodées à l'herbier de Posidonies, réside dans le fait que ce dernier joue le rôle d'habitat adéquat au mode alimentaire de ces animaux benthiques.

Ce travail constitue une base de données préliminaire sur les herbiers de Posidonies de la côte de Mostaganem. Cela-dit, l'étude de ces herbiers nécessitent des recherches plus approfondies afin de mieux caractériser leurs état de santé et de bien définir les sources de ces légères perturbations ; notamment, un suivi annuel voir pluriannuel des paramètres phénologiques, ainsi que leurs évolutions en fonction de la profondeur. Aussi, il serait nécessaire de réaliser une étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux qui dérivent au dessus de ces herbiers pour confirmer l'influence des effluents sur la croissance de la Posidonies. Par ailleurs, l'étude du comportement alimentaire des holothuries aspidochirotés doit être complété par d'avantage de recherches tel qu'un suivi saisonnier du régime alimentaire des différentes espèces et des différentes catégories d'âges (juvéniles, adultes) au sein de la même espèce ; pour ainsi définir le rôle de ces organismes au sein de l'écosystème à *Posidonia oceanica* et avoir une idée précise sur leurs comportement sélectif. Dans la même optique, des études approfondies sur l'optimisation des gains en énergie lors de l'alimentation (la théorie de l'"Optimal Foraging") chez les holothuries aspidochirotés inféodées à l'herbier de Posidonie reste à réaliser d'une façon plus détaillée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Addy C.E., (1947a).** Eelgrass planting guide. *Maryland Conservationist*, USA, **24**: 16-17.
- Acunto S., Piazzzi L., Balestri E., Cinelli F., (1996).** Segnalazioni di fioriture di *Posidonia oceanica* (L.) Delile lungo le coste toscane. *Biologia Mare Mediterraneo*, **3(1)**: 437-438.
- Agostini S, Desjobert J.M., Pergent G., (1998).** Distribution of phenolic compounds in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Phytochemistry*, **48 (4)**: 611-617.
- Aladro-Lubel M.A., Martínez-Murillo M.E., (1999).** Epibiotic Protozoa (Ciliophora) on a community of *Thalassia testudinum* Banks ex Köning in a coral reef in Veracruz, Mexico. *Aquatic Botany*, **65**: 239-254.
- Alcoverro T., Romero J., Duarte C.M., López N.I., (1997).** Spatial and temporal variations in nutrient limitation of seagrass *P. oceanica* growth in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, **146**: 155-161.
- Alcoverro T., Cerbian E., ballesteros E., (2001a).** The photosynthetic capacity of the seagrass *P. oceanica*: influence of nitrogen and light. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **261**: 107-120.
- Alcoverro T., Perez M., Romero J., (2004).** Importance of within-shoot epiphyte distribution for the carbon budget of seagrasses: the example of *Posidonia oceanica*. *Botanica Marina*, **47 (4)**: 307-312.
- Aloisi J.C., Monaco A., Thommeret J., Thommeret Y., (1978).** The Holocene transgression in the Golf du Lion, southerne France: paleogeographic and paleobotanic evolution. *Géographie Physique et Quaternaire*, **32 (2)**: 145-162.
- Amoutzopoulo-Schina H., Haritonidis S., (2005).** Distribution and phenology of the marine phanerogam *Posidonia oceanica* in the Pagassitikos Gulf, Greece. *Journal of Biological Research*, **4**: 203-211.
- Ardizzone G.D., Pelusi P., (1984).** Yield and damage evaluation of bottom trawling on *Posidonia* meadows. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, 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*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.*, Fr., **1**: 255-259.
- Augier H., Boudouresque C.F., (1970a).** Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc national). VI. Le récif-barrière de Posidonies. *Bulletin du Musée d'Histoire naturelle*, Marseille, **30**: 221-228.
- Augier H., Chabert D., Vicente N., (1980).** Le port de Porquerolles (Iles d'Hyères, Méditerranée, France). II. Contamination par les métaux lourds. *Travaux scientifiques du Parc national de Port-Cros*, Fr., **6**: 253-285.

- Augier H., Gilles G., Ramonda G., (1984a).** L'herbier de *Posidonia oceanica* et la pollution par le mercure sur le littoral des Bouches du Rhône et du Var (France). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.*, Fr., **1**: 399-406.
- Augier H., (1985).** L'herbier à *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur comme indicateur biologique de l'état de santé de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact. *Vie marine* **7**: 85-113.
- Balestri E., Cinelli F., Piazzini L., (1998).** Survival and growth of transplanted and natural seedlings of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in a damaged coastal area. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **228**: 209-225.
- Balestri E., Cinelli F., (2003).** Sexual reproductive success in *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany*, **75**: 21-32.
- Balestri E., Benedetti-Cecchi L., Lardicci C., (2004).** Variability in patterns of growth and morphology of *Posidonia oceanica* exposed to urban and industrial wastes: contrasts with two reference locations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **308**: 1-21.
- Ballesta L., Pergent G., Pasqualini V. and Pergent-Martini C., (2000).** Distribution and dynamics of *Posidonia oceanica* beds along the Albères coastline. C.R. Acad. Sci. Paris, *Sciences de la vie*, **323**: 407-414.
- Ballesteros E., Garcia A., Lobo A., Romero J., (1984).** L'alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes. In : Els sistems naturals de les illes Medes. Ros J., Olivella J., Gili J.M. éds. IEC publ. Barcelona: 739-760.
- Ballesteros E., (1987).** Estructura i dinàmica del poblament algal de les fulles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile als herbeis de Tossa de Mar (Girona). *Butlletí de la institució Catalana d'Historia Natural*, **54(6)**: 13-30.
- Ballesteros E., Cebrian E., Garcia-Rubies A., Alcoverro T., Romero J., Font X., (2005).** Pseudoviviparity, a new form of asexual reproduction in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Botanica Marina*, **48**: 175-177.
- Baroli M., Cossu A., Cristini A., De Falco G., Gazale V., Pergent G., Pergent-Martini C., (2001).** Concentrations of trace metals (Cd, Cu, Fe, Pb) in *Posidonia oceanica* seagrass of Liscia bay, Sardinia (Italy). In : *Structure and Processes in the Mediterranean Ecosystem*. Faranda F.M., Guglielmo L., Spezie G. eds. Springer-Verlag publ. Proceed. Convegno Diversità e cambiamento, Ischia 10-14 novembre 1998. 95-99.
- Bay D., (1978).** Etude *in situ* de la production primaire d'un herbier de Posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la baie de Calvi-Corse. *Progr. Rép. Stn. Océanogr. Stareso, Univ. Liège, Belg.*, **18**: 1-6.
- Bay D., (1984).** A field study of the growth dynamics and productivity of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Calvi Bay. *Aquatic Botany*, **20**: 43-64.
- Bell J.D., Harmelin-Vivien M.L., (1982).** Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 1. Community structure. *Téthys*, **10(4)** : 337-347.

- Bell S.S., Fonseca M.S., Stafford N.B., (2006).** Seagrass Ecology: New Contributions from a Landscape Perspective. In: Larkum A.W.D., Orth R.J., Duarte C.M., *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 26, 625-645.
- Ben Alaya H., (1972).** Répartition et conditions d'installation de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* Ascherson dans le golfe de Tunis. *Bulletin de la Station Océanographique de Salammbô* 2(3) : 331-416.
- Berthois L., Crosnier A., Le Calvez Y., (1968).** Contribution à l'étude sédimentologique du plateau continentale dans la Baie de Biafra. *Cah. ORSTOM*, VI : 1-34.
- Berthois L., (1975).** Etude sédimentologique des roches meubles. Techniques et méthodes. Doin (eds), Paris, 1-278.
- Bianchi C.N., Peirano A., (1995).** Atlante delle Fanerogame marine della Liguria. *Posidonia oceanica e Cymodocea nodosa*. Centro Ricerche Ambiente Marino, ENEA publ. *La Spezzia*, Ital.: 1-146.
- Blanc J.J., (1958).** Recherche de sédimentologie littorale et sous-marine en Provence occidentale. *Thèse. Fac. Sci. Univ. Paris*. Mason édit., Paris : 1-140.
- Blanpied C., Burolet P.F., Clairefond P., Shimi M., (1979).** Sédiments actuels et Holocènes. La mer Pélagienne, étude sédimentologique et écologique du plateau tunisien et du golfe de Gabès. *Ann. Univ. Provence*, Fr., 6(1): 61-82.
- Bonhomme P., Roy D., Bernard G., Charbonnel E., Divetain N., (1999).** Extension de la cartographie des fonds et de l'herbier à *Posidonia oceanica* entre la calanque du Mugel et l'île Verte. ADES et GIS Posidonie, *GIS Posidonie publ.* Fr.: 1-90.
- Borg J.A., Attrill M.J., Rowden A.A., Schembri P.J., Jones M.B., (2005).** Architectural characteristics of two types of the seagrass *Posidonia oceanica* over different spatial scales. *Est. Coast. Shelf Sci.* 62: 667-678.
- Borowitzka M.A., Lavery P.S., Van Keulen M., (2006).** Epiphytes of Seagrasses. In : Larkum A.W.D., Orth R.J., Duarte C.M., *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation.*, Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 19, 441-461.
- Boudouresque C.F., Thommeret J., Thommeret Y., (1980d).** Sur la découverte d'un bioconcrétionnement fossile intercalé dans l'herbier à *Posidonia océanica* de la baie de Calvi (Corse). *Journées Etud. System. Biogéogr. Médit., Cagliari. CIESM*. Monaco : 139-142.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., (1982).** Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 4: 1-79.
- Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., (1983).** L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : les interactions entre la plante et le sédiment. *J. Rech. Océanogr.*, 8 (23) : 99-122.
- Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., Meinesz A., (1984).** Relations entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.* Fr., 1: 185-191.

- Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., Meinesz A., (1985a).** Un nouveau type d'herbier à *Posidonia oceanica* : l'herbier de colline. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. Internation. Explor. Sci. Médit.*, **29(5)**: 173-175.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Lefèvre J.R., (1985b).** Cartographie des peuplements benthiques marins de Corse. I. La formation récifale à *Posidonia oceanica* de Saint-Florent. *Ann. Inst. océanogr.*, **61(1)**: 27-38.
- Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., Meinesz A., (1986a).** Chronologie de l'édification d'une colline de Posidonies. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. Nat. Corse.*, **2**: 3-12.
- Boudouresque C.F., Ballesteros E., Ben Maiz N., Boisset F., Bouladier E., Cinelli F., Cirik S., Cormaci M., Jeudy De Grissac A., Laborel J., Lanfranco E., Lundberg B., Mayhoub H., Meinesz A., Panayotidis P., Semroud R., Sinnassamy J.M., Span A., Vuignier G., (1990a).** Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. *Programme des Nations Unies pour l'Environnement* : 1-250.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Ledoyer M., Vitiello P., (1994b).** Les herbiers à Phanérogames marines. *In*: Bellan-Santini D., Lacaze J.C., Poizat C., (éds.). Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. *Muséum National d'Histoire naturelle publ.* Paris, Fr.: 98-118.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Ribera M.A., Ballesteros E., (1995c).** Spread of the green alga *Caulerpa taxifolia* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean: possible consequences of a major ecological event. *Scientia marina*, **59** : 21-29.
- Boudouresque C.F., (1996).** Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2^{ème} édition. *GIS Posidonie publ.*, 1-243.
- Boudouresque C.F., (2001).** La restauration des écosystèmes à Phanérogames marines. *In* : Restauration des écosystèmes côtiers, Dreves L., Chaussepied M. édits., *Ifremer publ.* **29**: 65-85.
- Boudouresque C.F., Verlaque M., (2001).** Ecology of *Paracentrotus lividus*. Edible sea urchins: biology and ecology, Lawrence J. édit., *Elsevier publ.* Amsterdam: 177-216.
- Boudouresque C.F., (2003).** The erosion of Mediterranean biodiversity. *In*: Rodríguez-Prieto C., Pardini G. edits. The Mediterranean Sea : an overview of its present state and plans for future protection. *Servei de Publicacions de l'Universitat de Girona*: 53-112.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., et Tunesi L., (2006).** Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *RAMOGE pub.*, 1-202.
- Bouland C., Massin C., Jangoux M., (1982).** The fine structure of the buccal tentacles of *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). *Zoomorphology*, 101: 133-149.
- Boumaza S., (1995).** Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de l'anse de Kouâli, Tipaza (Algérie). *Thèse de Magister, ISMAL*, Alger : 125 p.

- Boumaza S., Semroud R., (2000).** Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* d'El Djamilia (Algérie). In: *Proceedings of the first Mediterranean symposium on marine vegetation*. 110-114.
- Bourcier M., (1989).** Régression des herbiers à *P. oceanica* (L.) Delile, à l'Est de Marseille, sous l'action conjuguée des activités humaines et des modifications climatiques. *International Workshop on Posidonia beds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V., édit., *GIS Posidonie publ.*, Fr., **2**: 287-299.
- Bruckner A., (2005b).** The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. *NOAA Technical Memorandum NMFSOPR 44*, Silver Spring, MD, 239 p.
- Buia M.C., Cormaci M., Furnari G., Mazzella L., (1985).** Osservazioni sulla struttura delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Capo Passero (Siracusa) e studio della macroflora epifita delle foglie. *Boli. Acc. gionenia Sci. nat., Catania.*, **18(326)**: 463-484.
- Buia M.C., Zupo V., Mazzella L., (1992).** Primary production and growth dynamics in *Posidonia oceanica*. *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.*, **13**: 2-16.
- Buia M.C., Gambi M.C., Zupo V., (2000).** Structure and functioning of Mediterranean seagrass ecosystems: an overview. *Biologia Marina Mediterranea* **7 (2)**: 167-190.
- Calleja M.L.I., Marbà N., Duarte C.M., (2007).** The relationship between seagrass (*Posidonia oceanica*) decline and sulfide porewater concentration in carbonate sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **73**: 583-588.
- Calmet D., Boudouresque C.F., Meinesz A., (1988).** Memorization of nuclear atmospheric tests by rhizomes and scales of the mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Aquat. Bot.*, **30(4)**: 279-294.
- Calmet D., Charmasson S., Gontier G., Meinesz A., Boudouresque C.F., (1991).** Chernobyl radionucleides in the Mediterranean, seagrass *Posidonia oceanica*, 1986-1987. *J. Environ. Radioactivity.*, **13**: 157-173.
- Calumpong H., Fonseca M., (2001).** Seagrass transplantation and other seagrass restoration methods. In: Short F.T., Coles R.G. edits. *Global seagrass research methods*. Elsevier publ. Amsterdam: 425-443.
- Campbell M.L., (2000).** A decision-based framework to increase seagrass transplantation success. *Biol. mar. Medit.*, **7(2)**: 336-340.
- Cancemi G., De Falco G., Pergent G., (2000).** Impact of a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Biol. Mar. Medit.*, **7(2)**: 341-344.
- Cancemi G., De Falco G., Pergent G., (2003).** Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, **56**: 961-969.
- Capiomont A., Piazzì L., Pergent G., (2000).** Seasonal variations of total mercury levels in foliar tissues of *Posidonia oceanica*. *J. mar. Biol. Ass.*, U.K. **80(6)**: 1119-1123.

Carlotti P., Boudouresque C.F., Calmet D., (1992). Mémorisation du Cadmium et de radioéléments par les rhizomes et les écailles de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *Trav. Sci. Parc nat. Rég. Rés. Nat., Corse*, **36**: 1-34.

Caye G., (1980). Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille II, France*, 1-121.

Caye G., Rossignol M., (1983). Etude des variations saisonnières de la croissance des feuilles et des racines de *Posidonia oceanica*. *Mar. Biol.*, **75**: 79-88.

Caye G., Meinesz A., (1984). Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du Sud. In: *International Workshop on Posidonia oceanica beds*. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., *GIS Posidonie pub.*, France, 1, 193-201.

Caye G., (1989). Mise en évidence d'un polymorphisme sur des jeunes plants de *P. oceanica*. *International Workshop on P. oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E et Gravez V. Edit, *GIS Posidonie publ*, Fr., **2**: 77-84.

Cebrian J., Duarte C. M., (2001). Detrital stocks and dynamics of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Spanish Mediterranean. *Aquat. Bot.*, **70**: 295-309.

Ceccherelli G., Cinelli F., (1997). Interazioni tra *Caulerpa taxifolia* e le Fanerogame *Cymodocea nodosa* e *Posidonia oceanica*. In: Cossu A., Meloni M.M. edits. Atti del Convegno internazionale "Introduzione di nuove specie nel Mediterraneo e compatibilità con quelli presenti", Cagliari, 28 nov. 1996, *Poseidon publ*. Sardinia, Ital.: 48-49.

Ceccherelli G., Cinelli F., (1998). Contrasting effects of *Posidonia oceanica* on *Caulerpa taxifolia*. In: Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A., Palluy F. édits. *Third international workshop on Caulerpa taxifolia*. *GIS Posidonie publ*. Fr.: 209-218.

Celebi B., Cemal Gucu A., Ok M., Sakinan S., Akoglu E., (2006). Hydrographic indications to understand the absence of *Posidonia oceanica* in the Levant sea (Eastern Mediterranean). *Biologia Marina Mediterranea*, **13 (4)**: 34-38.

Champenois W., (2008). Etude du metabolisme, à l'échelle de l'écosystème, de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en baie de Calvi. *Memoire de Master en océanographie. Faculté des sciences. Université de Liège*. 77 p.

Charbonnel E., (1993). Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var, France). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation. *Ifremer & GIS Posidonie publ*. Fr.: 1-36.

Charbonnel E., Gravez V., Abellard O., Boudouresque C. F., Remonnay L., (1995d). Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* du golfe de Giens (Var-France). *GIS Posidonie*, Marseille. Fr., 1-106.

Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bernard G., Bonhomme P., Patrone J., Kruczek R., Cottalorda J.M., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Le Direac'h L., (2000b). Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-

Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Région PACA, Agence de l'Eau RMC, GIS Posidonie, CQEL 13, CQEL 83, Conseil Général 06, *GIS Posidonie publ.* : 1-76.

Charnov E.L., (1976). Optimal foraging: the marginal value theorem, *Theor. Popul. Biol.*, **9**: 129-136.

Chen J., (2004). Present status and prospects of sea cucumber industry in China. Pp 25-38. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J-F., Mercier A (eds). *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463*: 425 p.

Cherbonnier G., (1959). Complément à la faune échinodermique des Pyrénées-orientales (1). Echinodermes. *Univ. Par. Lab. Arago (éds), Fr.*, **2** : 118-123.

Chessa L.A., Fresi E., Soggiu L., (1983). Preliminary data on consumers food web in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile bed. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. Internation. Explor. Sci. Médit.*, **28(3)**: 159-160.

Chessa L.A., Fresi E., (1994). Conservazione e gestione delle praterie di *Posidonia*. In: Monbailliu X., Torre A. edits. *La gestione degli ambienti costieri e insulari del Mediterraneo. Edizione del Sole publ. Ital.*: 103-127.

Chimenz C., Taramelli E., Cironi R., Contessini A., Gravina F., Maggiore F.R., Maj R.L.C., Motta M. G., Somaschini A., (1989). Studies on animal populations of leaves and rhizomes of *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the rocky bottom of Torvaldaliga. *International Workshop on Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Meneisz A., Fresi E., Gravez V. (eds.), *GIS Posidonie publ.*, **2**: 145-155.

Chisholm J.R.M., Fernex F.E., Mathieu D., Jaubert J.M., (1997). Wastewater discharge, seagrass decline and algal proliferation on the Côte d'Azur. *Marine Pollution Bulletin*, **34**: 78-84.

Choe S., (1963). Biology of the Japanese Common Sea Cucumber *Stichopus japonicus*, Selenka. *Pusan National University press*, Pusan: 1-226.

Cinelli F., (1991). La riforestazione quale mezzo di ripristino e di controllo per le praterie di Fanerogame marine. In: Parchi marini del Mediterraneo. Problemi e perspective. Atti del 2ème convegno internazionale, San Teodoro. *Icimar publ., Sardegna, Ital.*, 78-82.

Cinelli F., Pardi G., Papi I., (1995). Plant biology. In: *La Posidonia oceanica*, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. In: *Revista Marittima*, 21-24.

Clairefond P., Jeudy De Grissac A., (1979). Description et analyse des structures sédimentaires en milieu marin: recensement de quelques exemples dans l'herbier de Posidonies autour de l'île de Port-Cros (Parc national). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros.*, **5**:79-104.

Colantoni P., Gallgnani P., Fresi E., Cinelli F., (1982). Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds around the island of Ischia (Gulf of Naples) and adjacent waters. *Marine Ecology*, **3 (1)**: 53-74.

- Conand C., (1989).** Les Holothuries Aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie: biologie, écologie et exploitation. *Études et Thèses, O.R.S.T.O.M.*, Paris : 1-393.
- Conand C., (1991).** Long-term movements and mortality of some tropical sea-cucumbers monitored by tagging and recapture. *In: Yanagisawa, Yasumasu, Oguro, Suzuki and Motokawa (eds). Biology of Echinodermata.* Balkema, Rotterdam. 169-175.
- Conand C., Byrne M., (1993).** A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Marine Fisheries Review*, **55**: 1-13.
- Conand C., (1994).** Les holothuries : ressource halieutique des lagons. *Rapp. Sci. Tech. Biol. Mar.*, (**65**): 1-86.
- Conde E.C., Diaz H., Sambrano A., (1991).** Disintegration of holothurian fecal pellets in beds of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Journal of Coastal Research*. **7(3)**:853–862.
- Cooper G., (1976).** Jardinier de la Mer. Association-Fondation G. Cooper pour la reconquête des milieux naturels détruits. Cahier **1**: 1-57.
- Cooper G., (1982).** Réimplantation de *Posidonia oceanica*. Protection des implants. *Bull. Ecol.*, **13(1)**: 65-73.
- Cristiani G., (1980).** Biomasse et répartition de l'herbier de *Posidonia oceanica* de la Côte Bleue (B. d. Rh. France) et pollution marine par les métaux lourds. *Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille 3*, Fr.: 1-150.
- Crouzet A., (1981).** Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *Travaux Scientifiques du Parc National de Port-Cros*, **7**: 129-135.
- Crouzet A., Boudouresque C.F., Meinesz A., Pergent G., (1983).** Evidence of the annual character of cyclic changes of *Posidonia oceanica* scale thickness (erect rhizomes). *Rapports et Procès Verbaux des Réunions de la Commission Internationale sur l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée*, **28(3)**: 113-114.
- Dagnelie P., (1973).** Théorie et méthodes statistiques. Vol. 2, *Presses agronomiques de GEMBLoux, publ.*, 378p.
- Dagnelie P., (1975).** Théorie et méthodes statistiques (applications agronomiques). Vol. II, (2ème éd.), *Presses agronomiques de GEMBLoux, publ.*, 427p.
- Da Silva J., Cameron J.L., Fankboner P.V., (1986).** Movement and orientation patterns in the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* Stimpson (Holothuroidea: Aspidochirotida). *Mar. Behav. Physiol.*, **12**: 133-147.
- Davis R.C., Short F.T., (1997).** Restoring eelgrass, *Zostera marina* L., habitat using a new transplanting technique: the horizontal rhizome method. *Aquat. Bot.*, **59**: 1-15.
- De Gaulejac B., (1989).** Ecologie de *Pinna nobilis*, mollusque eulamellibranche, en baie de Calvi. Etude de la coquille larvaire. Etude des possibilités de réimplantation de l'espèce. *Mémoire Diplôme Etudes Approfondies Environnement Marin, Univ. Aix-Marseille 3*, Fr.: 1-35.

- Delgado O, Grau A, Pou S, Riera F, Massuti C, Zabala M, Ballesteros E., (1997).** Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanologica Acta*, **20** (3): 557-563.
- Delgado O., Ruiz J., Perez M., Romero J., Ballesteros E., (1999).** Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanol. Acta.*, **22**(1): 109-117.
- Den Hartog C., (1970).** The seagrasses of the world. Amsterdam, Verh. Kon. Ned. Akad. Wet. Afd. Natuurk. 1-275.
- Dennison W.C.R., Alberte R.S., (1986).** Photoadaptation and growth of *Zostera marina* L. (eelgrass) transplants along a depth gradient. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **98**: 265-282.
- De Villèle X., Verlaque M., (1995).** Changes and degradation in a *Posidonia oceanica* bed invaded by the introduced tropical alga *Caulerpa taxifolia* in the Northwestern Mediterranean. *Botanica marina*, **38**: 79-87.
- Didham R.K., Tylianakis J.M., Hutchinson M.A., Ewers R.M., Gemmell N. J., (2005).** Are invasive species the drivers of ecological change? *Trends in Ecology and Evolution*, **20**: 470-474.
- Diviacco G., Spada E., Virno-Lamberti C., (2001).** Le Fanerogame marine del Lazio. Descrizione e cartografia delle praterie di *Posidonia oceanica* e dei prati di *Cymodocea nodosa*. *ICRAM publ. Ital.*: 1-113.
- Drew E.A., (1971).** Botany. Underwater Science. An introduction to experiments by divers. *Woods & Lithgoe edit.*, London, 1-59.
- Drew E.A., Jupp B.J., (1976).** Some aspects of growth of *Posidonia oceanica* in Malta. In : Underwater Research. *Drew, Lythgoe & Wood edit., Academic Press. London* : 369-379.
- Duarte C.M., Chiscano C.L., (1999).** Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquat. Bot.*, **65**: 159-174.
- Duarte C.M., (2002).** The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation*, **29** (2): 192-206.
- El Asmi-Djellouli Z., Djellouli A.S., Abdeljaouad S., (2000).** Présentation des herbiers de la baie de Monastir (Tunisie). *Proceedings of the first Mediterranean symposium on marine vegetation. RAC/SPA publ. Tunis*: 132-135.
- Elkalay K., Frangoulis C., Skliris N., Goffart A., Gobert S., Lepoint G., Hecq J.H., (2003).** A model of the seasonal dynamics of biomass and production of the seagrass *Posidonia oceanica* in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean). *Ecological Modelling*, **167**: 1-18.
- Eugene C., (1978).** Note préliminaire sur l'épifaune de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* (L.) à l'île de Port-Cros: méthodes et stations. *Trav. Sci. Parc. Nation. Port-Cros, Fr.*, **4** : 275-280.

- Faccioli F., (1996).** The morphological restoration of the Venice Lagoon. *Quaderni trimestriali, Consorzio Venezia Nuova, Italie, suppl. 3-4*: 1-24.
- Fankboner P.V., Cameron J.L., (1985).** Seasonal atrophy of the visceral organs in a sea cucumber. *Can. J. Zool.*, **63** : 2888-2892.
- Ferdouse F., (2004).** World markets and trade flows of sea cucumber/beche-de-mer. pp. 101-118. *In*: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J-F., Mercier A (eds). *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463*: 425 p.
- Fernández-Torquemada Y., Sánchez-Lizaso J.L., (2005).** Effects of salinity on leaf growth and survival of Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **320**: 57-63.
- 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. *These doctorat EPHE, Université de Perpignan* : 289 p.
- Ferrat L., Bingert A., Roméo M., Gnassia-Barelli M., Pergent-Martini C., (2002a).** Mercury uptake and enzymatic response of *Posidonia oceanica* after an experimental exposure to organic and inorganic forms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **21(11)**: 2365-2371.
- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Homziak J., Thayer G.W., (1979).** Transplanting of eelgrass and shoalgrass as a potential means of economically mitigating a recent loss of habitat. *In*: Cole D.P. edit. *Proc. 7th ann. Conf. Wetlands Restor. Creation publ.* USA: 279-326.
- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Thayer G.W., (1982c).** A low-cost planting technique for eelgrass (*Zostera marina* L.). National marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Center, *Beaufort Laboratory publ.*, USA: 1-15.
- Fonseca M.S., (1992).** Restoring seagrass systems in the United States. *In*: Thayer G.W., (Ed.): *Restoring the nation's marine environment. Maryland Sea Grant Book, College Park, Maryland.* 79-110.
- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Thayer G.W., (1996).** Draft guidelines for mitigation and restoration of seagrass in the United States and adjacent waters. National Fisheries Service, *NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series*, USA: 1-222.
- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Thayer G.W., (1998).** Guidelines for conservation and restoration of sea grasses in the United States and adjacent waters. *National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, Maryland, Analysis Series 12.* 1-222.
- Francour P., (1984).** Biomasse de l'herbier à *Posidonia oceanica*: données préliminaires pour les compartiments "matte", échinodermes et poissons. *Mémoire Diplôme Etudes Approfondies Océanologie Biologique, Université Pierre et Marie Curie, Paris*: 1-72.
- Francour P., Paul O., (1987).** Densité, biomasse et relation taille-poids chez l'oursin *Psammechinus microtuberculatus* de l'herbier à *Posidonia oceanica* de Port-Cros (France, Méditerranée). *In*: Boudouresque C.F. edit. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ.* Fr.: 169-181.

- Francour P., (1990).** Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros. Analyse des compartiments "matte", litière, faune vagile, échinodermes et poissons. *Thèse Doct. Océanol. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Fr.:* 1-373.
- Francour P., Ganteaume A., Poulain M., (1999).** Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (Northwestern Mediterranean Sea). *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, **9**: 391-400.
- Franklin S.E., (1980).** The reproductive biology and some aspects of the population ecology of the holothurians *Holothuria leucospilota* (Brandt) and *Stichopus chloronotus* (Brandt). *Ph. D. Thesis, Univ. of Sydney:* 1-253.
- Fresi E., Chessa L.A., Scardi M., Impagliazzo C., (1984).** Feeding ecology of *Palaemon xiphioides* Risso, from a *Posidonia oceanica* meadow near Alghero (Sardinia). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ., Fr., 1:* 331-334.
- Galan C., Lopez-Ibor A., Templado J., (1982).** Primera cita en la península ibérica de *Asterina pancerii* (Gasco, 1870) (Asteroidea, Asterinidae). *Actas Simp. Ibérico Est. Bentos mar.*, **3**: 267-269.
- Gambi M.C., Lorenti M., Russo G.F., Scipione M.B., Zupo V., (1992).** Depth and Seasonal Distribution of Some Groups of the Vagile Fauna of the *Posidonia oceanica* Leaf Stratum: Structural and Trophic Analyses. *Marine Ecology*, **13** (1): 17-39.
- Gambi M.C., Guidetti P., (1998).** Morphological observations on seedlings of *Posidonia oceanica* (L.) Delile germinated *In situ*. *Biologia Marina Mediterranea*, **5** (1): 549-552.
- Gana A.E., Merca F.E. (2002).** Isolation and purification of a cytotoxic lectin from brown sea cucumber by affinity chromatography. *Journal of Agricultural Science*, **85** : 236-247.
- Ganteaume A., Bonhomme P., Emery E., Hervé G., Boudouresque C. F., (2005).** Impacte sur la prairie à *Posidonia oceanica* de l'amarrage des bateaux de croisières, au large du port de Porquerolles (Provence, France, Méditerranée). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, **21** : 163-173.
- Gacia E., Duarte C.M., (2001).** Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: the balance between deposition and resuspension. *Est. Coast. Shelf Sci.*, **52**: 505-514.
- Gélin A., Arigoni S., Francour P., Harmelin J.G., Harmelin-Vivien M., (1998).** Réponse des populations de certains poissons Serranidae et Labridae à la colonisation des fonds par *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. In: Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A., Palluy F. eds. *Third international workshop on Caulerpa taxifolia. GIS Posidonie publ. Fr.:* 197-208.
- Génot I., Caye G., Meinesz A., Orlandini M., (1994).** Role of chlorophyll and carbohydrate contents in survival of *Posidonia oceanica* cuttings planted to different depths. *Mar. Biol.*, **119**: 23-29.
- Gentle M.T., (1979).** The fisheries biology of bêche-de-mer. *South Pac. Bull.*, **29** (4): 25-27.

- Giorgi J., Thélin I., (1983).** Phénologie, biomasse et production primaire de *Posidonia oceanica* (feuilles et épiphytes) dans la baie de Port-Cros. *Mémoire Diplôme d'Etudes Approfondies en Ecologie méditerranéenne, Univ. Aix-Marseille III*, Fr.: 1-126.
- Giraud G., (1977a).** Contribution à la description et à la phénologie des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille II*, Fr.: 1-150.
- Giraud G., (1977b).** Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Bot. Mar.*, **20(8)** : 487-491.
- Giraud G., (1979).** Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bulletin du Museum d'Histoires naturelles de Marseille*, **39**: 33-39.
- Giraud G., Boudouresque C.F., Cinelli F., Fresi F., Mazzella L., (1979).** Observations sur l'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile autour de l'île d'Ischia (Italie). *Giorn. Bot. Ital.*, **133**: 261- 274.
- Gobert S., (2002).** Variations spatiales et temporelles de l'herbier à *P. oceanica* (L.) Delile. *Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Liège*. 1-207.
- Gobert S., Lejeune P., Lepoint G., Bouquegneau J.M., (2005a).** C, N, P concentrations and requirements of flowering *Posidonia oceanica* shoots. *Hydrobiologia*, **533**: 253-259.
- Gobert S., Cambridge M.L., Velimirov B., Pergent G., Lepoint G., Bouquegneau J.M., Dauby P., Pergent-Martini C., Walker D.I., (2006).** Biology of *Posidonia*. In Larkum A.W.D., Orth R.G., Duarte C.M. (Eds.): *Seagrasses : Biology, Ecology and Conservation*, 387-408.
- González-Correa J.M., Bayle J.T., Sanchez-Lizaso J.L., Valle C., Sánchez-Jerez P., Ruiz J.M., (2005).** Recovery of deep *Posidonia oceanica* meadows degraded by trawling. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **320**: 65-76.
- Grimes S., Boutiba Z., Bakalem A., Bouderbala M., Boudjellal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaïdi N., Kerzabi F., Khelifi H., Merzoug A., Nouar A., Sellali B., Sellali-Merabtine H., Semroud R., Seridi H., Taleb M.Z., Touahria T., (2004).** Biodiversité marine et littorale algérienne. *Projet Sonatrach/LRSE. Eds. Sonatrach, Algérie*, 1-362.
- Gu J.D., Maki J.S., Mitchell R., (1996).** Microbial biofilms and their role in the induction and inhibition of invertebrate settlement. In: D'itri, F. (Eds.), *Zebra mussels and other aquatic nuisance species. Ann. Arbor Press*: 1-648.
- Hamdi H., (2007).** Contribution à la connaissance de la biodiversité associée à l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le site sensible des Grottes (Bizerte). *Thèse de doctorat. Science halieutiques. Institut national agronomique de Tunisie*. 1-94.

- Hammond L.S., (1982a).** Analysis of grain-size selection by deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **8**: 25-36.
- Hammond L.S., (1982b).** Patterns of feeding and activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *Bull. Mar. Sci.*, **32(2)**: 549-571.
- Harlin M.M., (1980).** Seagrass epiphytes. In: Handbook of seagrass biology: an ecosystem perspective (Philips R.C et McRoy C.P eds.). *Garland STPM Press*, London. 117-131.
- Harmelin J.G., (1964).** Etude de l'endofaune des "mattes" d'herbiers de *Posidonia oceanica* Delile. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume.*, **35(51)**: 43-106.
- Harmelin J.G., Bouchon C., Duval C., Hong J.S., (1980).** Les échinodermes des substrats durs de l'île de Port-Cros, Parc national. Élément pour un inventaire qualitatif. *Trav Sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., **6**: 25-38.
- Harmelin J.G., Bouchon C., Hong J.S., (1981).** Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence. *Tethys*, Fr., **10 (1)**: 13-36.
- Harmelin-Vivien M., (1982).** Ichtyofaune des herbiers de Posidonies du Parc national de Port Cros: I. Composition et variations spatiotemporelles. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., **8**: 69-92.
- Harmelin-Vivien M.L., (1983).** Ichtyofaune des herbiers de Posidonies des côtes provençales françaises. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. Internation. Explor. Sci. Médit.*, **28(3)**: 161-163.
- Harmelin-Vivien M.L., (1984).** Ichtyofaune des herbiers de Posidonies du Parc naturel régional de Corse. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.* Fr., **1**: 291-301.
- Harmelin-Vivien M.L., Kaim-Malka R.A., Ledoyer M., Jacob-Abraham S.S., (1989).** Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. *J. Fish Biol.*, **34**: 715-734.
- Harmelin-Vivien M.L., Francour P., (1992).** Trawling or visual censuses? Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. *Mar. Ecol.*, **13(1)**: 41-51.
- Harmelin-Vivien M., Francour P., Harmelin J.G., 1999.** Impact of *Caulerpa taxifolia* on Mediterranean fish assemblages: a six year study. In: *Proceedings of the workshop on invasive Caulerpa in the Mediterranean*. Heraklion, Crete, Greece, 18-20 March 1998. *UNEP publ.*, Athens, Greece: 127-138.
- Haug T., Kjuul A.K., Styrvold O.B., Sandsdalen E., Olsen, O.M., Stensvag, K. (2002).** Antibacterial activity in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinoidea), *Cucumaria frondosa* (Holothuroidea), and *Asterias rubens* (Asteroidea). *Journal of Invertebrate Pathology*, **81**: 94-102.

- Hemminga M.A., Duarte C.M., (2000).** Seagrass Ecology. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge. 1-298.
- Hendler G., Miller J.E., Pawson D.L., Kier P. M., (1995).** Echinoderms of Florida and the Caribbean. Sea Stars, sea urchins and allies. *Smithsonian Institution Press*, Washington & London. 1-390.
- Hendricks I.E., Bouma T.J., Morris E.P., Duarte C. M., (2010).** Effects of seagrasses and algae of the *Caulerpa* family on hydrodynamics and particle-trapping rates. *Mar. Biol.*, **157**:473-481.
- Holmer M., Marbà N., Lamote M., (2009).** Deterioration of sediment quality in seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) invaded by macroalgae (*Caulerpa sp.*). *Estuaries and coasts*, **32**:456-466.
- Honjo S., (1978).** Sedimentation of materials in the Sargasso sea at a 5367 m deep station. *Journal of Marine Resources*, **36**: 469-492.
- Howard R.K., (1982).** Impact of feeding activities of epibenthic amphipods on surface-fouling of eelgrass leaves. *Aquatic Botany*, **14**: 91-97.
- Jawahar Abraham T., Nagarajan J., Shanmugam S.A., (2002).** Antimicrobial substances of potential biomedical importance from holothurian species. *Indian Journal of Marine Sciences*, **31** (2): 161-164.
- Jedy De Grissac A., Le Fur C., (1983).** Condition de depot et nature sédimentaire des fonds de la rade Sud de Marseille avant les travaux d'aménagement de la plage du Prado. *Ecologia Mediterranea*. Tome IX (fascicule 1) : 1-17.
- Jedy De Grissac A., (1984b).** Essais d'implantations d'espèces végétales marines: les espèces pionnières, les Posidonies. In: Boudouresque C.F., Jedy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ. Fr.*, 1: 431-436.
- Jedy De Grissac A., Boudouresque C.F., (1985).** Rôle des herbiers de Phanérogames marines dans les mouvements de sédiments côtiers: les herbiers à *Posidonia oceanica*. *Colloque franco-japonais d'Océanographie*, Marseille, Fr., 1: 143-151.
- Jia J., Chen J., (2001).** Sea farming and sea ranching in China. *FAO Fisheries Technical Paper 418*. FAO, Rome, Italy. 71 pp.
- Jiménez S., Bayle J.T., Ramos Espla A.A., Sanchez Lizaso J.L., (1997).** Ictiofauna de dos praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 con distinto grado de conservación. *Publ. espec. Inst. esp. Oceanogr.*, **23**: 255-264.
- Karakassis I., Tsapakis M., Smith C.J., Rumohr H., (2002).** Fish farming impacts in the Mediterranean studied through sediment profiling imagery. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **227**: 125-133.
- Kenworthy W.J., Fonseca M.S., Homziak J., Thayer G.W., (1980).** Development of a transplanted seagrass (*Zostera marina* L.) meadow in Back Sound, Carteret County, North Carolina. In: Cole D.P. edit. *Proc. 7th ann. Conf. Wetlands Restor. Creation publ. USA*: 175-193.

- Khripounoff A., Sibuet M., (1980).** La nutrition d'échinodermes abyssaux: Alimentation des holothuries. *Marine Biology*, **60**: 17-26.
- Kikuchi T., (1980).** Faunal relationships in temperate seagrass beds. In: Philips R. C., McRoy C. P. (Eds.): *Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective*. 153-172.
- Kropp R.K., (1982).** Response of five holothurian species to attacks by a predatory gastropod. *Tonna pernix*. *Pacific Sci.*, **36(4)**: 445-452.
- Lafabri C., (2007).** Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) delile comme bioindicateur de la contamination métallique. *These de doctorat. Université de Corse*. 1-141.
- Larkum A.W.D., (1976).** Ecology of Botany Bay. 1. Growth of *Posidonia australis* (Brown) Hook f. in Botany Bay and other bays of the Sidney Basin. *Austr. J. Mar. Freshwater Res.*, **27**: 117-127.
- Larkum A.W.D., Den Hartog C., (1989).** Evolution and biogeography of seagrasses. In: Biology of seagrasses. Larkum A.W.D., McComb A.J., Shepherd S.A. (Eds.). *Elsevier Pub Co*, Amsterdam. 143-165.
- Le Gall J.Y., (1969).** Etude de l'endofaune des pelouses de Zostériacées superficielles de la baie de Castiglione (Algérie). *Téthys*, **1 (2)**: 395-420.
- Lejeune P., (1985).** Le comportement social des Labridés méditerranéens. *Cah. Ethol. Appl.*, **5(2)**: 1-208.
- Lepoint G., Havelange S., Gobert S., Bouquegneau J.M., (1999).** Fauna vs flora contribution to the leaf epiphytes biomass in a *Posidonia oceanica* seagrass bed (Revellata Bay, Corsica). *Hydrobiologia*, **394**: 63-67.
- Lepoint G., Nyssen F., Gobert S., Dauby P., Bouquegneau J.M., (2000a).** Relative impact of seagrass bed and its adjacent epilithic algal community in consumer diets. *Mar. Biol.*, **136**: 513-518.
- Lepoint G., Millet G., Dauby P., Gobert S., Bouquegneau J.M., (2002b).** An annual nitrogen budget of the seagrass *P. oceanica* as determined by in situ uptake experiments. *Marine Ecology Progress Series*, **237**: 87-96.
- Les D.H., Cleland M.A., Waycott M.A., (1997).** Phylogenetic studies in Alismatidae II. Evolution of marine angiosperms (seagrasses) and hydrophily. *Syst. Bot.*, **22**: 443- 463.
- Levin V.S., (1979).** A composition of feeding particles of some aspidochirote holothurians from the upper sublittoral zone in the Indo West Pacific. *Biol. Morya Vladivostok*, **6**: 20-28.
- Levin V.S., (1982).** Japanese sea-cucumber. *U.S.S.R. Academy of Sciences Vladivostok*: 1-191.
- Lewis R.R., Phillips R.C., (1980).** Experimental seagrass mitigation in the Florida keys. In: Cole D.P. edit. *Proc. 7th ann. Conf. Wetlands Restor. Creation publ. USA*: 155-173.

- Mabrouk L., Hamza A., Sahraoui H., Bradai M.N., (2009).** Données sur les caractéristiques et la phénologie de l'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile sur les côtes de Mahdia (region Est de la Tunisie). *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, **36**: 139-147.
- Maggi P., (1973).** Le problème de la disparition des herbiers à Posidonies dans le golfe de Giens (Var). *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches Marit.*, **221**: 7-20.
- Maggi P., Gruet Y., Lassus P., Kalifa F., (1977).** Influence de la pollution urbaine sur la vitalité des herbiers à Posidonie dans le Golf de Gien (Var). *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches Marit.*, **269**: 5-13.
- Mammeria A.B., Djebar A.B., (2006).** Eutrophisation et état de l'herbier de Posidonie *Posidonia oceanica* dans le golf d'Annaba. 2^{ème} colloque euroméditerranéen de biologie environnementale. *Muséum d'histoire naturelle de Marseille. Mésogée*, **62** : 43.
- Marbà N., Holmer M., Esperan, Gacia E., Barron C., (2006).** Seagrass Beds and Coastal Biogeochemistry. In: Larkum, Orth, and Duarte, *Biology of Posidonia*. In: *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*, Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 6, 135-157.
- Marion A.F., (1883).** Esquisse d'une topographie zoologique du golfe de Marseille. *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille, Fr.*, 1: 6-108.
- Massin C., Jangoux M., (1976).** Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. polii* et *H. forskali* et comportement alimentaire de *Holothuria tubulosa*. *Cah. Biol. Mar.*, Fr., **17**: 45-59.
- Massin C., (1980).** The sediment ingested by *Holothuria tubulosa* Gmelin (Holothuridea: Echinodermata). In: *Echinoderms: Present and Past*. Jangoux M et Lawrence J.M (eds). Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherlands: 205-208.
- Massin C., (1982a).** Food and feeding mechanisms: Holothuroidea. In: *Echinoderm nutrition*. Jangoux M et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherlands: 43-55.
- Massin C., (1982b).** Effect of feeding on the environnement: Holothuroidea. In: *Echinoderm nutrition*. Jangoux M et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherlands: 139-197.
- Massin C., Doumen C., (1986).** Distribution and feeding of epibenthic holothuroids on the reef flat of Laing Island (Papua New Guinea). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **31**: 185-195.
- Matéo M. A., Romero J., Perez M., Littler M. M., Littler D. S., (1997).** Dynamics of millenary organic deposits resulting from growth of the mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuar. Coast. Shelf. Science.*, **44**: 103-110.
- Matéo M.A., Sánchez-Lizaso J.L., Romero J., (2003).** *Posidonia oceanica* 'banquettes': a preliminary assessment of the relevance for meadow carbon and nutrients budget. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **56(1)**: 85-90.
- Matéo M.A., Cebrian J., Dunton K., Mutchler T., (2006).** Carbon flux in seagrass ecosystems. In: *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*, Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 7, 159-192.

- Mazzella L., Cinelli F., Ott J.A., Kefpal W., (1981).** Studi sperimentali 'In situ' sull'epifitismo della *Posidonia oceanica* Delile. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, Ital., 3 (suppl. 1): 481-492.
- Mazzella L., Gambi M.C., Russo G.F., Wittman J.K., (1983).** Flowering in *Posidonia oceanica* (L.) Delile prairies around the Island of Ischia (Gulf of Naples). *Rapports et Procès Verbaux des Réunions de la Commission Internationale sur l'Exploration Scientifique en Méditerranée*, **28(3)**: 117-119.
- Mazzella L., Ott J.A., (1984).** Seasonal changes in some features of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves and epiphytes at different depths. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.*, Fr., **1**: 119-127.
- Mazzella L., Gambi M.C., Russo G.F., Buia M.C., (1984).** Deep flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples). In: *International Workshop on Posidonia oceanica beds*. Boudouresque, C.F., Jeudy de Grissac, A., Olivier, J. edit., *GIS Posidonie pub.*, France, **1**: 203-209.
- Mazzella L., Russo G.F., (1989).** Grazing effect of two *Gibbula* species (Mollusca, Archaeogastropoda) on the epiphytic community of *Posidonia oceanica* leaves. *Aquatic Botany*, **35**: 357-373.
- Mazzella L., Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M. Russo G.F., Scipione M.B., Zupo V., (1991).** Primary production of *Posidonia oceanica* and their vagile fauna of leaf stratum: a spatio-temporal analysis in a meadow of the island of Ischia (Gulf of Naples, Italy). In: B.F. Keegan (Edit), *Space and time series data analysis coastal benthic ecology*. Coast 647-project on coast benthic ecology, Commission of the European community, Bruxelles: 519-540.
- Mazzella L., Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M. Russo G.F., Scipione M.B., Zupo V., (1992b).** Plant-animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the Mediterranean Sea: A review. In: John *et al.* (eds.) *Plant-Animal Interactions in the Marine Benthos*. Claderon Press, Oxford. 165-187.
- Mazzella L., Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M., Russo G.F., Scipione M.B., Zupo V., (1995).** A review on the trophic organization in the *P. oceanica* ecosystem. In: *Posidonia oceanica*, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. In: *Revista Marittima*: 40-47.
- Mc Roy C.P., Mc Millian C., (1973).** Production Ecology and Physiology of Seagrasses. *International Seagrass Workshop*, Leiden, Netherlands, Mc Roy C.P. et Mc Millan C. eds, 22-26.
- Meglitsch P. A., (1975).** Zoologie des Invertébrés III. Arthropodes, Mandibulés et Deutérostomiens. *Doin édit.* 1-362.
- Meinesz A., Laurent R., (1978).** Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes. Campagne Poséïdon 1976. *Bot. mar.*, **21(8)**: 513-526.

- Meinesz A., Lefevre J.R., (1984).** Régénération d'un herbier à *Posidonia oceanica* quarante années après sa destruction par une bombe dans la rade de Villefranche (Alpes-Maritimes). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.*, Fr., **1**: 39-44.
- Meinesz A., Caye G., Loques F., Macaux S., (1990b).** Analyse bibliographique sur la culture des Phanérogames marines. *Posidonia Newsletter*, Fr., **(1)**: 1-67.
- Meinesz A., Caye G., Loques F., Molenaar H., (1991a).** Restoration of damaged areas with transplantation of seaweeds and seagrasses in the Mediterranean: review and perspectives. *Oebalia*, **17(1)**: 131-142.
- Meinesz A., Molenaar H., Bellone E., Loques F., (1992).** Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. I. Effects of rhizome length and transplantation season in orthotropic shoots. *Marine Ecology, PSZNI*, **13(2)**: 163-174.
- Mezali K., (2001).** Biométrie des holothuries aspidochiotes (Holothuroidea: Echinodermata) de la presqu'île de Sidi-Fredj (Algérie). *Rapp. P.V. Commiss. Internation. Mer Médit*, Monaco, **36**, p 403.
- Mezali K., Chekaba B., Zupo V., Asslah B., (2003).** Comportement alimentaire de cinq espèces d'Holothuries aspidochiotes ((Holothuroidea: Echinodermata) de la presqu'île de Sidi Fredj- Algérie. *Bulletin Societe Zoologique France*, **128**: 49-62.
- Mezali K. (2004b).** Micro-répartition des holothuries aspidochiotes au sein de l'herbier de *Posidonies* de la presqu'île de Sidi-Fredj - Algérie. *Rapports P.V. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, Monaco, **Vol. 37**, p 534.
- Mezali K., (2004c).** Feeding behaviour of *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* of Tamentefoust area - Algeria. *Rapports P.V. du 37^{ème} Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*: Barcelone **Vol. 37**, p 535.
- Mezali K., (2005).** Abundance, dispersal and microdistribution of aspidochirote holothurians in *Posidonia oceanica* meadow of the Sidi-Fredj peninsula (Algeria). *2005 International Ocean Conference*, June 6-10. UNESCO, Paris, France. In, proceeding of The Oceanography Society (TOS), USA, p 119.
- Mezali K., Zupo V., Francour P., (2006).** Population dynamics of *Holothuria (Holothuria) tubulosa* and *Holothuria (Lessonothuria) poli* of an Algerian *Posidonia oceanica* meadow. *Biol. Mar. Medit.*, **13 (4)**: 158-161.
- Mezali K., (2008).** Phylogénie, Systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochiotes (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de Posidonies de la côte algéroise. *Thèse de Doctorat d'état. Institut des Sciences Biologiques / Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie*. 1-208.
- Mezali K., (2011a).** Some insights on the phylogeny of Algerian shallow-water sea cucumber species (Holothuroidea: Aspidochirotida). *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, **31**: 45-47.
- Micael J., Alves M.J., Costa A.C., Jones M.B., (2009).** Exploitation and conservation of echinoderms. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **47**: 191-208.

- Micheli C., Paganin P., Peirano A., Caye G., Meinesz A., Bianchi C.N., (2005).** Genetic variability of *P. oceanica* (L.) Delile in relation to local factors and biogeographic patterns. *Aquatic Botany*, **82(3)**: 210-221.
- Milazzo M., Badalamenti F., Ceccherelli G., Chemello R., (2004).** Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, Western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **299**: 51-62.
- Molenaar H., (1992).** Etude de la transplantation de boutures de la Phanérogame marine *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance. *Thèse Doct. Sci. Vie, Univ. Nice Sophia Antipolis*, Fr.: 1-221.
- Molenaar H., Meinesz A., (1992a).** Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. II. Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots. *Mar. Ecol., PSZNI* **13(2)**: 175-185.
- Molenaar H., Meinesz A., (1992b).** Transplantations de *Posidonia oceanica* (L.) Delile à Cannes. *Méditerranée 2000 et Laboratoire Environnement Marin Littoral, Univ. Nice-Sophia Antipolis*, Fr.: 1-27.
- Molenaar H., Meinesz A., (1992c).** Valorisation biologique des fonds marins des Alpes-Maritimes. 1. Transplantation de *Posidonia oceanica* à Nice. *Laboratoire Environnement Marin Littoral, Univ. Nice-Sophia Antipolis*, Fr.: 1-25.
- Molenaar H., Meinesz A., (1992d).** Valorisation biologique des fonds marins des Alpes-Maritimes. 2. Transplantation de *Posidonia oceanica* à Cannes. *Laboratoire Environnement Marin Littoral, Univ. Nice-Sophia Antipolis*, Fr.: 1-12.
- Molenaar H., Meinesz A., Caye G., (1993).** Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. Survival and development in different morphological types of transplanted cuttings. *Bot. mar.*, **36**: 481-488.
- Molenaar H., (2001).** Impact de *Caulerpa taxifolia* sur les espèces et les écosystèmes méditerranéens: la compétition avec *Posidonia oceanica*. In: Gravez V., Ruitton S., Boudouresque C.F., Le Direac'h L., Meinesz A., Scabbia G., Verlaque M. eds. *Fourth international workshop on Caulerpa taxifolia. GIS Posidonie publ.* Fr.: 220-231.
- Molinier R., Picard J., (1952).** Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Annales de l'Institut Océanographique*, **27(3)**: 157-234.
- Molinier R., Picard J., (1953).** Etudes biologiques sur les Phanérogames marines à l'ouest d'Alger. *Bull. Stat. Aquicult. Pêche Castiglione, Alg.*, **4**: 7-34.
- Molinier R., Picard J., (1954).** Eléments de bionomie marine sur les côtes de Tunisie. *Bull. Stat. Océanogr. Salammbô*, **48**: 3-47.
- Molinier R., Zevaco C., (1962).** Etudes écologiques et biocénétiques dans la baie du Brusco (Var). Fascicule 3 - étude statistique et physiologique de la croissance des feuilles de Posidonies (*Posidonia oceanica* Delile). *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, (**1234**): 1-46.

- Moore K.A., Wetzel R.L., (2000).** Seasonal variations in eelgrass (*Zostera marina* L.) responses to nutrient enrichment and reduced light availability in experimental ecosystems. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **244**: 1-28.
- Moreteau J.C., (1981).** La navigation de plaisance dans le Parc National de Port-Cros. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros, Hyères. Fr.*, **7**: 11-24.
- Moriarty D.J.W., (1982).** Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the Great Barrier Reef. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **33**: 255-263.
- Muscat A., (1983).** Population dynamics and the effects on the infauna of the deposit feeding holothurian *Parastichopus parvimensis* (Clark). *Ph. D. Thesis, Univ. of Southern California*: 1-328.
- Nedelec H., (1982).** Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galéria (Corse) et son impacte sur les peuplements phytobenthiques. *Thèse Doct. 3^{ème} Cycle océanogr. Boil., Univ. Paris 6, Fr.*: 1-175.
- Novak R., (1984).** A study in ultra-ecology: Micoorganisms on the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, **5 (2)**: 143-190.
- Ott J.A., (1980).** Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology PZSNI*, **1(1)**: 47-64.
- Paillard M., Gravez V., Clabaut P., Walker P., Blanc J.J., Boudouresque C.F., Belsher T., Urscheler F., Poydenot F., Sinnassamy J.M., Augris C., Peyronnet J.P., Kessler M., Augustin J.M., Le Drezen E., Prudhomme C., Raillard J.M., Pergent G., Hoareau A., Charbonnel E., (1993).** Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var, France). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation. Ifremer & GIS Posidonie, *GIS Posidonie publ.*, Fr.: 1-36.
- Panayotidis P., (1980).** Contribution à l'étude qualitative et quantitative de l'association *Posidonietum oceanicae* (Funk 1927). *Thèse doctorat 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille II*, Fr. 1-213.
- Panayotidis P., Giraud G., (1981).** Sur un cycle de renouvellement des feuilles de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le golfe de Marseille. *Vie et Milieu*, Fr., **31 (2)**: 129-136.
- Panayotidis P., Simboura N., (1989).** Distribution and phenology of *Posidonia oceanica* in Saronikos Gulf (Aegean Sea, Greece). (1989) *International Workshop on Posidonia beds*. Boudouresque CF, Meinesz A, Fresi E., Gravez V., edit, *GIS Posidonie publ.*, Fr **II**:43- 48.
- Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., (1997b).** Mediterranean coastal resources management: the example of the Island of Corsica. *In: Proceedings of the Fourth International Conference: Remote sensing for marine and coastal environments, technology and applications*. Orlando, Florida, USA, **1**: 632-640.

- Pasqualini V., Pergent-Martini C., Clabaut P., Pergent G., (1998).** Mapping of *P. oceanica* using aerial photographs and side-scan sonar: Application of the island of Corsica (France). *Estuarine Coastal Shelf Science*, **47**: 359-367.
- Pasqualini V., Clabaut P., Pergent G., Benyousse L., Pergent-Martini C., (2000).** Contribution of side scan sonar to the management of Mediterranean littoral ecosystems. *Internat. J. Remote Sensing.*, **21(2)**: 367-378.
- Peirano A., Bianchi N.C., (1995).** Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulation like approach off Liguria (NW Mediterranean Sea). In: *Proc. 30th European marine biological Symposium*, Southampton: 87-95.
- Pérèz J.M., (1984).** La régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.*, Fr., **1**: 445-454.
- Pergent G., Boudouresque C.F., Crouzet A., (1983).** Variations cycliques dans les écailles des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica*. *Travaux Scientifiques du Parc National de Port- Cros*, **9**: 107-148.
- Pergent G., (1985).** Floraison des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la région d'Izmir (Turquie). *Posidonia Newsletter*, **1(1)**: 15-21.
- Pergent G., Boudoursque C.F., Vadier B., (1985).** Etude préliminaire des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la côte des Albères (Pyrénées-Orientales, France). *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, **61 (2)** : 97-114.
- Pergent G., (1987).** Recherches lépidochronologiques chez *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. *Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II*: 1-853.
- Pergent G., Pergent-Martini C., (1988).** Phénologie de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le bassin méditerranéen. *Ann. Inst. Océanogr.*, **64(2)** : 79-100.
- Pergent G., Ben Maiz N., Boudouesque C.F., Meinesz A., (1989a).** The flowering of *Posidonia oceanica* over the past fifty years: a lepidochronological study. In: *International workshop on Posidonia beds*. Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. edit., *GIS Posidonie publ.*, France, **2**: 69-76.
- Pergent G., Boudouesque C.F., Crouzet A., Meinesz A., (1989b).** Cyclic changes along *Posidonia oceanica* rhizomes (lepidochronology): present state and perspectives. *Marine Ecology*, PSZNI., **10(3)**: 221-230.
- Pergent G., (1990a).** Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a standardized approach. *Aquatic Botany*, **37**: 39-54.
- Pergent G., (1990b).** Evaluation of *Posidonia oceanica* primary production using lepidochronological analysis: preliminary results. *Rapports et Procès Verbaux des Réunions de la Commission Internationale sur l'Exploration Scientifique en Méditerranée*, Perpignan, **32(1) B17**: 6.

- Pergent G., Pergent-Martini C., (1990).** Some applications of lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Botanica Marina*, **33**: 299-310.
- Pergent G., (1991b).** Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Oceanis*, **17(4)**: 341-350.
- Pergent G., Pergent-Martini C., (1991).** Leaf renewal cycle and primary production of *Posidonia oceanica* in the bay of Lacco Ameno (Ischia, Italy) using lepidochronological analysis. *Aquatic Botany*, **42**: 49-66.
- Pergent G., Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., (1992).** Evaluation of past primary production of *Posidonia oceanica* using lepidochronological data. *Rapports et Procès Verbaux des Réunions de la Commission Internationale sur l'Exploration Scientifique en Méditerranée*, Trieste, 33-47.
- Pergent G., Rico-Raimondino V., Pergent-Martini C., (1994).** Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean basin. *Marine Biology*, **120**: 9-15.
- Pergent G., Pergent-Martini C., (1995).** Indicateurs biologiques : Posidonies. In: Etat des connaissances opérationnelles sur la contamination et les indicateurs de pollution chimique toxique du milieu marin. Résumé des contributions. *IARE publ.*, Fr.: 123-135.
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., (1995).** Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: état des connaissances. *Mésogée*, **54**: 3-29.
- Pergent G., Rico-Raimondino V., Pergent-Martini C., (1997b).** Fate of primary production in *Posidonia oceanica* meadows of the Mediterranean. *Aquat. Bot.*, **59**: 307-321.
- Pergent G., Pergent-Martini C., (1999).** Mercury levels and fluxes in *Posidonia oceanica* meadows. *Environ. Poll.*, **106**: 33-37.
- Pergent G., Mendez S., Pergent-Martini C., Pasqualini V., (1999).** Preliminary data on the impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean. *Oceanol. Acta.*, **22(1)**: 95-107.
- Pergent G., (2006).** Le rôle des herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., edit., *RAMOGE pub.*, 25-31.
- Pergent G., Djellouli A., Hamza A.A., Ettayeb K.S., Alkekli A., Talha M., Alkunti E., (2007).** Structure of *Posidonia oceanica* meadows in the vicinity of Ain AL-Ghazala lagoon (Libya): The «Macroatoll» ecomorphosis. In: *Proceedings of the 3rd Mediterranean symposium on marine vegetation: 27-29 March 2007: Marseilles*. Pergent-Martini C., El Asmi S., Le Ravallec C., edits., *RAC/SPA publ.*, Tunis: 135-140.
- Pergent G., Boudouresque C.F., Dumay O., Pergent-Martini C., Wyllie-Echeverria S., (2008).** Competition between the invasive macrophyte *Caulerpa taxifolia* and the seagrass *Posidonia oceanica*: contrasting strategies. *BMC Ecology*, 8-20.

- Pergent-Martini C., Pergent G., Romero J., (1992b).** The litter in the *Posidonia oceanica* ecosystem: preliminary results. In: Keegan B.F. edit. Space and time series. Data analysis in coastal benthic Ecology. *Commission of the European Communities publ*: 541-547.
- Pergent-Martini C., Pergent C., Rico-Raimondino V., (1993).** *Posidonia oceanica* beds, a biological indicator of the marine environment quality. In: *Pour qui la méditerranée au 21^{ème} Siècle - Le système littoral méditerranéen. Actes du colloque scientifique Okeanos, Maison de l'Environnement de Montpellier publ.*, Fr.:207-212.
- 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 Doct., Univ. Corse* : 1-190.
- Pergent-Martini C., Pergent G., (1994).** Lepidochronological analysis in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: state of the art and future developments. *Oceanologica Acta*, **17(6)**: 673-681.
- Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., Pergent G., (1994).** Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean Basin. *Mar. Biol.*, **120**: 9-15.
- Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., Pergent G., (1995b).** Nutrient impact on *Posidonia oceanica* seagrass meadows: preliminary data. *Mar. Life.*, **5(2)**: 3-9.
- Pergent-Martini C., (1998).** *Posidonia oceanica*: a biological indicator of past and present mercury contamination in the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, **45 (2)**: 101-111.
- Pergent-Martini C., Pergent G., (2000).** Are marine phanerogams a valuable tool in the evaluation of marine trace-metal contamination: example of the Mediterranean Sea? *Int. J. environm. Poll.*, **13(1-6)**: 126-147.
- Pergent-Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J.M., Buia M.C., Calvo S., Cebrian J., Charbonnel E., Cinelli F., Cossu A., Di Maida G., Dural B., Francour P., Gobert S., Lepoint G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Piazza L., Pirrotta M., Relini G., Romero J., Sanchez-Lizaso J.L., Semroud R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B., (2005b).** Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. *Ecological Indicators*, **5**: 213–230.
- Pessani D., Poncini F., Vetere, M., (1984).** Premières données sur la distribution de *Posidonia oceanica* (L.) Delile autour de l'île de Satina (îles éoliennes, Sicile). *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. édit., *GIS Posidonie publ.*, Fr., **1** : 129-135.
- Phillips R.C., (1960).** Observations on the ecology and distribution of the Florida seagrasses. *Prof. Pap. Set. mar. Lab.*, **2**: 1-72.
- Phillips R.C., Meñez E.G., (1988).** Seagrasses. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences N° 34. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.* 1-104.

- Piazzì L., Cinelli F., (1995).** Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. edits. *Posidonia oceanica*, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. *Revista marittima publ.*, Italy: 69-71.
- Piazzì L., Acunto S., Balestri E., Cinelli F., (1996).** Osservazioni preliminary sulla germinazione di semi e sviluppo in situ di piantine di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Inform. Botanica italiana*, **28**: 61-66.
- Piazzì L., Balestri E., Magri M., Cinelli F., (1998).** Experimental transplanting of *Posidonia oceanica* (L.) Delile into a disturbed habitat in the Mediterranean Sea. *Bot. mar.*, **41**: 593-601.
- Piazzì L., Acunto S., Cinelli F., (1999).** In situ survival and development of *Posidonia oceanica* (L.) Delile seedlings. *Aquatic Botany*, **63**: 103-112.
- Piazzì L., Acunto S., Cinelli F., (2000).** Mapping of *P. oceanica* beds around Elba Island (western Mediterranean) with integration of direct and indirect methods. *Oceanologica Acta*, **23** (3): 339-346.
- Piovetti L., Serve L., Combaut G., Gadel F., (1984).** Analyse des substances phénoliques des restes de *Posidonia oceanica* (L.) Delile provenant de sédiments holocènes et de dépôts actuels. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., **1**: 137-144.
- Pirc H., (1984).** Depth adaptation in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *First International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Fr., **1** : 227- 234.
- Pitt R., Dinh Quang Duy N., (2004).** Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Vietnam. Pp. 333-346. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F and Mercier A (eds). *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, *Fisheries Technical Paper* No. 463: 425 p.
- Porcher M., (1984).** Impact des mouillages forains sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ. Fr., **1**: 145-148.
- Procaccini G., Mazzella L., (1996).** Genetic structure of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Western Mediterranean: ecological implications. *Marine Ecology Progress Series*, **140**: 153-160.
- Procaccini G., Buia M.C., Gambi M.C., Perez M., Pergent G., Pergent-Martini C., Romero J., (2003).** The seagrasses of the Western Mediterranean. In: Green, E.P. and Short F.T. (Eds.), *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press Publishers: 48-58.
- Pyke G.H., Pulliam H.R., Charnov E.L., (1977).** Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *Quart. Rev. Biol.*, **52**:137-154.
- Pyke G.H., (1984).** Optimal foraging theory: a critical review. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **15**: 523-75.

- Ramos-Esplà A.A., Aranda A., Gras D., Guillen J.E., (1994).** Impactos sobre las praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en el SE español: necesidad de establecer herramientas de ordenamiento y gestión del litoral. In: *Pour qui la méditerranée au 21ème Siècle - Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée. Actes du colloque scientifique Okeanos. Maison de l'Environnement de Montpellier publ., Fr.:* 64-69.
- Rico-Raimondino V., (1995).** Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *Posidonia oceanica*. *Th. Univ Aix- Marseille II.* Fr. 1-248.
- Rittmann A., (1930).** Geologie der Insel Ischia. *Reimer edit., Berlin.*1-265.
- Roberts D., Gebruk A., Levin V., Manship B.A.D., (2000).** Feeding and digestive strategies in deposit-feeding Holothurians. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, **38:** 257-310.
- Roberts D., Moore H.M., Berges J., Patching J.W., Carton M.W., Eardly D.F. (2001).** Sediment distribution, hydrolytic enzyme profiles and bacterial activities in the guts of *Oneirophanta mutabilis*, *Psychropotes longicauda* and *Pseudostichopus villosus*: What do they tell us about digestive strategies of abyssal holothurians? *Progress in Oceanography*, **50 (1-4):** 443-458.
- Roberts O., (1979).** Deposit-feeding mechanisms and resource partitioning in tropical holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **37:** 43-56.
- Roberts O., Bryce C., (1982).** Further observations on tentacular feeding mechanisms in holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **59:** 151-163.
- Robert P., (1988).** Etude du régime thermique des principales biocénoses marines benthiques du Parc national de Port-Cros (Var, France). *Diplôme de Recherche universitaire, Univ. Aix-Marseille II, France,* 1-209.
- Romero J., (1989b).** Seasonal pattern of *Posidonia oceanica* production: growth, age and renewal of leaves. In: Boudouresque C.F., Meneisz A., Fresi E. and Gravez V. (Eds.), *International Workshop on Posidonia Beds. GIS Posidonie publ., France:* 63- 67.
- Romero J., Pergent G., Pergent- Martini C., Matéo M. A., Regnier C., (1992).** The detritic compartment in a *P. oceanica* meadow: litter features, decomposition rates and mineral stocks. *Marine Ecology*, **13:** 69-83.
- Romero J., Perez L., Matéo M.A., Sala E., (1994).** The belowground organs of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* as a biogeochemical sink. *Aquat. Bot.*, **47:** 13-19.
- Romero J., (2004a).** Las praderas de Fanerógamas marinas. La producción primaria y su destino. Características de los restos de la planta. In: Luque A.A., Templado J. edits. *Praderas y bosques marinos de Andalucía.* Consejería de Medio Ambiente, *Junta de Andalucía publ., Sevilla:* 74-81.
- Romero-Martinengo J., (1985).** Estudio ecológico de las Fanerógamas marinas de la costa catalana: producción primaria de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en las islas Medes. *Tesis Doct., Univ. Barcelona, Spain:* 1-261.

- Rowe F.W.E., (1969).** A review of the family Holothuroidea (Holothurioidae: Aspidochirotida). *Bull. Mus. Nat. Hist., Zool.*, **18 (4)** : 119-170.
- Ruitton S., Boudouresque C.F., (1994).** Impact de *Caulerpa taxifolia* sur une population de l'oursin *Paracentrotus lividus* à Roquebrune-Cap Martin (Alpes-Maritimes, France). In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Gravez V. edits. *First international workshop on Caulerpa taxifolia. GIS Posidonie publ. Fr.*: 371-378.
- Ruiz Fernandez J.M., (2000).** Repuesta de la fanerogama marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile a perturbacione antropicas. *Thèse Doctorat 3^{ème} Cycle. Univ Murcia*, 1-201.
- Ruiz J.M., Romero J., (2001).** Effects of *In situ* experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, **215**: 107-120.
- Ruiz J.M., Perez M., Romero J., (2001).** Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Mar. Poll. Bull.*, **42(9)**: 749-760.
- 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*. *Mar. Poll. Bull.*, **46**: 1523-1533.
- Samyn Y., Vandenspiegel D., Massin C., (2006).** Taxonomie des holothuries des Comores. *ABC Taxa Vol.*, **1**: 1-130.
- Sánchez-Lizaso J.L., Guillen-Nieto J.E., Ramos-Espla A.A., (1990).** The regression of *Posidonia oceanica* meadows in El Campello (SE Spain). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. Internation. Explor. Sci. Médit.* Perpignan, **32(1)**: 7.
- Sánchez-Lizaso J.L., (1993).** Estudio de la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la Reserva Marina De Tabarca (Alicante). Fenología y producción primaria. *Tesis doctoral, Univ. de Alacante*, 1-121.
- Sánchez-Jerez P., (1994).** Degradación de las praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile por la pesca de arrastre en El Campello (SE ibérico): influencia sobre la estructura de la comunidad animal asociada. *Tesis Licenciatura, Univ. Alicante, Spain*: 1-123.
- Saporta G., Marion A.F., (1878).** Révision de la flore heersienne de Gelinden. *Mem. Soc. Roy. Sci. Lettres Belgique*, **41**: 1-108.
- Savy S., (1987).** Les prédateurs de *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). In: Boudouresque C.F. edit. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ. Fr.*: 413-423.
- Scherrer B., (1984).** Biostatistique. *Gaetan morin éditeur, Chicoutimi, Québec*, 1-850.
- Semroud R., Verlaque M., Crouzet A., Boudouresque C.F., (1992).** On a broad-leaved form of the seagrass *Posidonia oceanica* (Posidoniaceae) from Algiers (Algeria). *Aquatic Botany*, **43**: 181-188.

- Semroud R., (1993).** Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la région d'Alger (Algérie): étude de quelques compartiments. *Thèse de Doct. d'Etat, U.S.T.H.B.,* Alger: 1-219.
- Sghaier Y.R., Zakhama-Sraieb R., Charfi-Cheikhrouha F., (2006).** Status of *Posidonia oceanica* meadows along the eastern coast of Tunisia. *Biol. Mar. Medit.*, **13 (4)**: 85-91.
- Sloan N.A., (1979).** Microhabitat and resource utilization in cryptic rocky intertidal Echinoderms at Aldabra Atoll, Seychelles. *Mar. Biol.*, **54**: 269-279.
- Sloan N.A., Von Bodungen B., (1980).** Distribution and feeding of the sea cucumber *Isostichopus badionotus* in relation to shelter and sediment criteria of the Bermuda Platform. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **2 (3)**: 257-264.
- Soualili D. (2008).** Les populations naturelles d'oursins : un outil évaluateur de l'état de santé de la baie d'Alger. *Thèse de Doctorat d'état. Institut des Sciences Biologiques / Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie.* 1-164.
- Soualili D., Dubois P., Gosselin P., Pernet P., Guillou M. (2008).** Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighbourhood of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as a bioindicator. *ICES Journal of Marine Science*, **65**: 132-139.
- Soualili D., Guillou M. (2009).** Variation in reproductive strategy of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) in three differently polluted locations near Algiers (Algeria). *Journal of the Marine Biological Association (JMBA)*, **Vole 2, e100**: 1-6.
- Stamhuis E.J., Videler J.J., de Wilde P.A.W.J., (1998).** Optimal foraging in the thalassinidean shrimp *Callinassa subterranean* Improving food quality by grain size selection. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **228**: 197-208.
- Statistical Graphics Corporation., (2001).** Statistical Graphics System, Référence manual. STATGRAPHICS v.8, Manugistics Inc., Rockville (USA).
- Stockmans F., (1932).** *Posidonia perforate* Saporta et Marion des marnes de Gélingen (Paléocène). *Bull. Mus. Roy. Hist. nat. Belgique*, **8 (27)**: 1-9.
- Stoppelli N., Peirano A., (1996).** Continuous flowering of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Bay of Monterosso al Mare (SP) (Northwestern Mediterranean Sea). *Bollettino dei Musei e degli Istituti dell'Università di Genova*, **60**: 31-40.
- Stutterd E., Williams G., (2003).** The future of bêche-de-mer and trochus fisheries and aquaculture in Australia. *Final report to the Fisheries Resources Research Fund.* Bureau of Resources Sciences, Department of Agriculture, fisheries and Forestry, Canberra. 81 pp.
- Taghon G.L., Self R.F.L., Jumars P.A., (1978).** Predicting particle selection by deposit feeders: a model and its implications. *Limnology and Oceanography*, **23**:752-759.
- Taghon G.L., (1981).** Beyond selection: Optimal ingestion rate as a function of food value. *Am. Nat.* **118**: 202-14.

- Taghon G.L., (1982).** Optimal foraging by deposit-feeding invertebrates: roles of particle size and organic coating. *Oecologia* (Berlin), **52**: 295-304.
- Templado-González J., (1982).** Moluscos de las formaciones de Fanerogamas marinas en las costas de Cabo de Palos (Murcia). *Tesis doctoral, Universidad Complutense Madrid, Spain*: 1-351.
- Thélin I., Boudouresque C.F., (1983).** Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier de la baie de Port-Cros (Var, France). *Rapports et Procès Verbaux des Réunions de la Commission Internationale sur l'Exploration Scientifique en Méditerranée*. Cannes, **28(3)**: 115-116.
- Thélin I., Giorgi J., (1984).** Production de feuilles dans un herbier superficiel à *Posidonia oceanica*, évaluée par une méthode dérivée de Zieman. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ., Fr.*, **1**: 271-276.
- Toral-Granda V., (2006).** Situation biologique et commerciale des concombres de mer des familles Holothroidae et Stichopodidae. *CITES Workshop on the conservation of sea cucumbers*, Lima (Perou). (Doc 16). 32p.
- Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M., (2009).** Etat des stocks et commerce mondial des holothuries. *Bulletin de la CPS La bêche-de-mer*, **28** : 4-6.
- Torchia G., Palandrini G., Cima C., Relini M., Relini G., (2000).** La cartografia nello studio dell'invasione dell'alga *Caulerpa taxifolia*. *Biol. mar. Medit.*, **7(1)**: 517-527.
- Törnblom E., Søndergaard M., (1999).** Seasonal dynamics of bacterial biomass and production on eelgrass *Zostera marina* leaves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **179**: 231-240.
- Traer K., (1979).** The consumption of *Posidonia oceanica* Delile by Echinoids at the isle of Ischia. In: *Proc. Eur. Colloquium on Echinoderms*, Brussels, 3-8 Sept. 1979: 241-244.
- Trautman D.A., Borowitzka M.A., (1999).** Distribution of the epiphytic organisms on *Posidonia australis* and *P. sinuosa*, two saegrasses with differing leaf morphology. *Marine Ecology Progress Series*, **179**: 215-229.
- Trefz S., (1958).** The physiology of digestion of *Holothuria atra* Jaeger with special reference to its role in the ecology of coral reefs. *Ph.D. Thesis, Univ. of Hawaii*, Honolulu: 1-149.
- Tunesi L., Boudouresque C.F., (2006).** Les causes de la régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. In: *Préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica*. Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent, G., Pergent Martini C., Ruitton S., Tunesi L., édit., *RAMOGE pub.*, France, 32-47.
- Underwood A.J., (1981).** Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanogr. mar. Biol. Annu. Rev.*, U.K., **19**: 513-605.

- Uthicke S., Karez R., (1999).** Sediment patch selectivity in tropical sea cucumbers (Holothurioidea: Aspidochirotida) analyzed with multiple choice experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **236 (1)**: 69–87.
- Vadon C., (1981).** Les Brachyours des herbiers de Posidonies dans la Région de Villefranche sur-Mer: biologie, écologie et variations quantitatives des populations. *Thèse Doctorat, Univ. Pierre Marie Curie, Fr.*: 1-227.
- Vaissier R., Fredj G., (1963).** Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco*, 60 (1272), 83p.
- Verlaque, M., Nedelec H., (1983).** Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France). Alimentation des adultes. *Vie et Milieu, Fr.*, **33 (314)**: 191-201.
- Verlaque M., (1990).** Relation entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen, Sparidae), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal méditerranéen. *Oceanologica acta*, **13(3)**: 373-388.
- Vincente N., Chabert D., (1981).** Pollution par les métaux lourds dans les rades du parc national de Port-Cros. 1. Etude préliminaire. *Trav. Sci. Parc natl. Port-Cros*, **7**: 25- 34.
- Vizzini S., Sarà G., Michener R.H., Mazzola A., (2002).** The role and contribution of *Posidonia oceanica* (L.) Delile organic matter for secondary consumer as revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis. *Acta Oecologica*, **23**: 277-285.
- Wangeluve D., (2007).** Effets de la transplantation sur la biométrie et sur la dynamique des nutriments, du carbone et de la chlorophylle de *Posidonia océanica* (L.) Delile. *Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Liège*. 1-196.
- Webb K.L., Dupaul W. D., D'Elia C.F., (1977).** Biomass and nutrients flux measurements on *Holothuria atra* populations on windward reefs flats at Enewetak, Marshall Islands. In : *3rd Int. Coral Reef Symp* : 409-415.
- Wittmann K., Scipione M.B., Fresi E., (1981a).** Some laboratory experiments on the activity of the macrofauna in the fragmentation of detrital leaves of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **27 (2)**: 205-206.
- Wittmann K.J., (1984).** Temporal and morphological variations of growth in a natural sand of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine ecology*, **5(4)**: 301-316.
- Yamanouchi T., (1939).** Ecological and physiological studies on the holothurians in the coral reefs of Palao Islands. *Stud. Palao Trop. Biol. Stu.*, **4** : 603-636.
- Yamanouchi T., (1956).** The daily activity rhythms of the holothurians in the coral reefs of the Palao Islands. *Publ. Seto Marine Biol. Lab.*, **5**: 347-362.
- Yingst J., (1974).** The utilization of organic detritus and associated microorganisms by *Parastichopus parvimensis*, a benthic deposit-feeding holothurian. *PhD. Thesis, Univ. South California*: 1-154.

Yingst J., (1982). Factors influencing rates of sediment ingestion by *Parastichopus parvimensis* (Clark), an epibenthic deposit-feeding Holothurian. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **14**: 119-134.

Zieman J. C., (1974). Methods for the study of growth and production of turtle grass, *Thalassia testudinum* König. *Aquaculture*, Amsterdam **4**: 139-143.

Zupo V., Fresi E., (1984). A study of the food web of the *Posidonia oceanica* ecosystem: analysis of the gut contents of Echinoderms. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edit., *GIS Posidonie publ.*, Fr., **1** : 373-379.

Documents consultés

Houari M., Hamidi M.S., (2004). Etude préliminaire d'un herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, au niveau de la baie de Salamandre (Mostaganem). *Mémoire d'ingénieur d'état en Ressources Halieutiques*. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 1-51.

Jacquemart J., (2003). Influence d'un petit port et d'un récif artificiel sur les macroalgues épiphytes de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en baie de La Revellata (Calvi, Corse). *Mémoire de Licence, Université de Liège*: 1-77.

Pête D., (2005). Colonisation épiphyte de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Comparaison entre des feuilles artificielles et des feuilles naturelles. *Mémoire de licence en Science Biologique. Université de Liège*. 1-63.

Slimane Tamacha F., (2008). Etude préliminaire d'un herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la plage de Sassel (Ain Temouchent). *Mémoire d'ingénieur d'état en Ressources Halieutiques*. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 1-64.

Sites internet utilisés

<http://maps.google.com/maps>

<http://monverd.org/natura/2010/08/09/637-especies-exotiques-ens-estan-envaint-la-mediterrania/>

<http://www.citypopulation.de/php/algeria-admin.php>

http://www.elwatan.com/regions/ouest/mostaganem/les-eaux-usees-de-la-discorde-04-01-2012-153399_141.php

ANNEXE

Annexe

Tableau A : Résultats des analyses statistiques de l'étude de la densité et des paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica*. (les stations soulignées constituent les groupes homogènes).

Paramètres	ANOVA		
Densité	Stidia <u>SS1-SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u> <u>SS1-HS2</u> <u>SSM-HS3</u> HS1	P = 10 ⁻⁴
NFG	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS3</u> HS2 <u>SS1-HS2-HS3</u> <u>SS2-SS3</u> HS2	P = 10 ⁻⁴
NFA	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS3</u> HS2 SS1 <u>HS1-HS3-SS2</u> <u>SS3-HS2</u>	P = 10 ⁻⁴
NFI	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj HS1 <u>HS2-HS3</u> SS1 HS1 <u>HS2-HS3</u> <u>SS2-SS3</u>	P = 10 ⁻⁴
NFJ	Stidia <u>SS1-SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u> <u>SS1-SS2-SS3</u> <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 0.1
LFG	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u> SS1 <u>SS2-SS3</u> <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 10 ⁻⁴
LFA	Stidia SS1 SS2-SS3	Hadjadj HS1-HS2-HS3 SS1 <u>SS2-SS3</u> <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 10 ⁻⁴
LFI	Stidia SS1 SS2 SS3	Hadjadj HS1-HS2-HS3 SS1 SS2 <u>SS3-HS1-HS2-HS3</u>	P = 10 ⁻⁴
LFJ	Stidia SS3 <u>SS2-SS1</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u> SS3 <u>SS2-SS1</u> <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 10 ⁻⁴
IFG	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u> <u>HS1-HS2-HS3</u> SS1 <u>SS2-SS3</u>	P = 10 ⁻⁴
IFA	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u> <u>HS1-HS2-HS3</u> SS1 <u>SS2-SS3</u>	P = 10 ⁻⁴

Suite du tableau A

IFI	Stidia <u>SS1-SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 0.07
		<u>HS1-HS2-HS3</u> <u>SS1-SS2-SS3</u>	
IFJ	Stidia <u>SS1-SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 0.08
		<u>HS1-HS2-HS3</u> <u>SS1-SS2-SS3</u>	
LP	Stidia <u>SS1-SS2</u> SS3	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 0.0014
		<u>SS1-SS2</u> SS3 <u>HS1-HS2-HS3</u>	
SFG	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 10 ⁻⁴
		SS1 SS2 <u>SS3-HS1-HS2-HS3</u>	
SFA	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj HS1 <u>HS2-HS3</u>	P = 10 ⁻⁴
		SS1 HS1 <u>SS2-SS3</u> <u>HS2-HS3</u>	
SFI	Stidia SS1 <u>SS2-SS3</u>	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 10 ⁻⁴
		SS1 SS2 <u>SS3-HS1-HS2-HS3</u>	
SFJ	Stidia <u>SS1-SS2</u> SS3	Hadjadj <u>HS1-HS2-HS3</u>	P = 0.0002
		<u>HS1-HS2-HS3</u> <u>SS1-SS2</u> SS3	
IFG	Stidia SS1	Hadjadj HS2 HS3 HS1	P = 10 ⁻⁴
		SS1 HS2 HS3 HS1	
IFA	Stidia SS1	Hadjadj HS2 HS3 HS1	P = 10 ⁻⁴
		SS1 HS2 HS3 HS1	
IFI	Stidia SS1	Hadjadj HS2 HS3 HS1	P = 10 ⁻⁴
		SS1 HS2 HS3 HS1	
IFJ	Stidia SS1	Hadjadj HS2 <u>HS3-HS1</u>	P = 10 ⁻⁴
		<u>SS1-HS2</u> <u>HS3-HS1</u>	

Suite du tableau A

CAG	Stidia <u>SS3-SS2-SS1</u>	Hadjadj <u>HS1-HS3-HS2</u>	$P = 10^{-4}$
		<u>HS1-HS3-HS2</u> <u>SS3-SS2-SS1</u>	
CAA	Stidia <u>SS3-SS2-SS1</u>	Hadjadj <u>HS1-HS3-HS2</u>	$P = 10^{-4}$
		<u>HS1-HS3-HS2</u> <u>SS3-SS2-SS1</u>	
CAI	Stidia <u>SS3-SS2-SS1</u>	Hadjadj <u>HS1-HS3-HS2</u>	$P = 10^{-4}$
		<u>HS1-HS3-HS2</u> <u>SS3-SS2-SS1</u>	

Tableau B : Nombre moyen de feuilles de *Posidonia oceanica* par faisceau et par type de feuilles : maximum et minimum observés dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj.

Type de feuilles	Sites et Stations		Nombre moyen de feuilles par faisceau			
			Maximum	Mois	Minimum	Mois
Adultes	Hadjadj	HS1	(4.1 ± 0.57)	Juin	(3.0 ± 0.67)	Février
		HS2	(4.6 ± 0.84)	Juin	(3.2 ± 0.92)	Février
		HS3	(4.2 ± 0.92)	Juin	(2.8 ± 1.14)	Février
	Stidia	SS1	(3.9 ± 0.88)	Mai	(2.2 ± 0.42)	Février
		SS2	(4.6 ± 0.52)	Mai	(3.0 ± 1.25)	Février
		SS3	(4.5 ± 0.53)	Mai	(3.4 ± 0.70)	Février
Intermédiaires	Hadjadj	HS1	(4.0 ± 0.67)	Février	(1.7 ± 0.48)	Juin
		HS2	(4.3 ± 0.95)	Février	(1.6 ± 0.70)	Juin
		HS3	(4.7 ± 1.25)	Février	(2.0 ± 0.67)	Juin
	Stidia	SS1	(2.9 ± 0.88)	Février	(1.3 ± 0.82)	Juin
		SS2	(2.9 ± 0.99)	Février	(1.5 ± 0.71)	Juin
		SS3	(2.6 ± 0.84)	Février	(1.2 ± 0.63)	Juin
Juvéniles	Hadjadj	HS1	(2.4 ± 0.52)	Juin	(0.3 ± 0.27)	Février
		HS2	(2.5 ± 0.71)	Juin	(0.5 ± 0.45)	Février
		HS3	(2.1 ± 0.57)	Juin	(0.8 ± 0.61)	Février
	Stidia	SS1	(2.4 ± 0.84)	Mai	(0.7 ± 0.48)	Mars
		SS2	(2.2 ± 0.63)	Juin	(0.9 ± 0.57)	Mars
		SS3	(2.6 ± 1.07)	Juin	(0.5 ± 0.45)	Mars
Globales	Hadjadj	HS1	(8.2 ± 1.69)	Mai	(7.1 ± 1.29)	Mars
		HS2	(8.7 ± 1.06)	Juin	(7.5 ± 0.85)	Avril
		HS3	(8.3 ± 1.25)	Juin	(7.1 ± 0.88)	Avril
	Stidia	SS1	(7.8 ± 1.03)	Mai	(5.6 ± 0.70)	Mars
		SS2	(8.9 ± 0.99)	Mai	(5.9 ± 1.10)	Mars
		SS3	(8.2 ± 0.63)	Mai	(6.6 ± 0.84)	Mars

Tableau C : Longueur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* par type de feuilles : maximum et minimum observés dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj.

Type de feuilles	Sites et stations		Longueur moyenne des feuilles (cm)			
			Maximum	Mois	Minimum	Mois
Adultes	Hadjadj	HS1	(45.55 ± 21.93)	Juin	(33.02 ± 11.87)	Février
		HS2	(55.97 ± 19.24)	Juin	(27.78 ± 8.32)	Février
		HS3	(64.77 ± 19.75)	Juin	(19.56 ± 8.77)	Février
	Stidia	SS1	(41.18 ± 15.88)	Juin	(16.68 ± 8.39)	Février
		SS2	(49.94 ± 14.54)	Juin	(20.58 ± 9.09)	Février
		SS3	(43.15 ± 14.97)	Juin	(24.07 ± 12.77)	Février
Intermédiaires	Hadjadj	HS1	(44.57 ± 25.42)	Avril	(16.53 ± 13.18)	Juin
		HS2	(45.58 ± 18.01)	Avril	(16.92 ± 9.79)	Juin
		HS3	(41.59 ± 18.96)	Avril	(15.04 ± 12.31)	Juin
	Stidia	SS1	(36.96 ± 25.85)	Avril	(14.25 ± 7.10)	Février
		SS2	(37.99 ± 18.19)	Juin	(18.24 ± 10.79)	Février
		SS3	(40.63 ± 17.62)	Juin	(29.19 ± 12.49)	Février
Juvéniles	Hadjadj	HS1	(1.93 ± 1.43)	Février	(0.55 ± 0.51)	Avril
		HS2	(2.49 ± 1.84)	Mars	(0.28 ± 0.12)	Avril
		HS3	(2.04 ± 1.46)	Février	(0.66 ± 0.55)	Mai
	Stidia	SS1	(4.03 ± 0.99)	Mars	(0.78 ± 0.69)	Juin
		SS2	(2.23 ± 2.05)	Mars	(1.15 ± 1.05)	Mai
		SS3	(1.69 ± 1.54)	Février	(0.64 ± 0.58)	Avril
Globales	Hadjadj	HS1	(45.30 ± 20.59)	Mai	(32.50 ± 13.88)	Février
		HS2	(42.78 ± 14.53)	Mai	(27.93 ± 11.41)	Mars
		HS3	(53.55 ± 27.36)	Juin	(22.17 ± 10.68)	Février
	Stidia	SS1	(43.37 ± 22.10)	Juin	(15.30 ± 7.70)	Février
		SS2	(39.54 ± 15.91)	Juin	(19.30 ± 9.84)	Février
		SS3	(46.78 ± 16.58)	Juin	(26.77 ± 12.68)	Février

Tableau D : Largeur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* par type de feuilles : maximum et minimum observés dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj.

Type de feuilles	Sites et stations		Largeur moyenne des feuilles (cm)			
			Maximum	Mois	Minimum	Mois
Adultes	Hadjadj	HS1	(0.99 ± 0.07)	Mai	(0.89 ± 0.05)	Février
		HS2	(0.99 ± 0.09)	Juin	(0.90 ± 0.06)	Février
		HS3	(0.98 ± 0.07)	Juin	(0.84 ± 0.08)	Mars
	Stidia	SS1	(0.98 ± 0.09)	Mai	(0.90 ± 0.08)	Février
		SS2	(1.14 ± 0.14)	Mai	(0.95 ± 0.08)	Mars
		SS3	(1.01 ± 0.06)	Avril	(0.90 ± 0.07)	Mars
Intermédiaires	Hadjadj	HS1	(0.92 ± 0.06)	Mai	(0.81 ± 0.08)	Février
		HS2	(0.98 ± 0.09)	Juin	(0.85 ± 0.07)	Février
		HS3	(0.90 ± 0.05)	Juin	(0.83 ± 0.07)	Mars
	Stidia	SS1	(0.93 ± 0.13)	Mai	(0.81 ± 0.07)	Février
		SS2	(1.01 ± 0.08)	Mai	(0.90 ± 0.11)	Février
		SS3	(0.99 ± 0.09)	Mai	(0.85 ± 0.09)	Février
Juvéniles	Hadjadj	HS1	(0.77 ± 0.12)	Février	(0.51 ± 0.19)	Avril
		HS2	(0.71 ± 0.17)	Mars	(0.45 ± 0.12)	Avril
		HS3	(0.75 ± 0.09)	Février	(0.49 ± 0.15)	Mai
	Stidia	SS1	(0.75 ± 0.07)	Février	(0.56 ± 0.24)	Mai
		SS2	(0.80 ± 0.19)	Mars	(0.57 ± 0.25)	Mai
		SS3	(0.74 ± 0.23)	Février	(0.59 ± 0.22)	Mai
Globales	Hadjadj	HS1	(0.97 ± 0.07)	Mai	(0.88 ± 0.06)	Février
		HS2	(0.97 ± 0.08)	Mai	(0.88 ± 0.07)	Février
		HS3	(0.95 ± 0.07)	Juin	(0.84 ± 0.08)	Mars
	Stidia	SS1	(0.94 ± 0.12)	Mai	(0.89 ± 0.07)	Avril
		SS2	(1.09 ± 0.15)	Mai	(0.92 ± 0.12)	Mars
		SS3	(1.04 ± 0.08)	Juin	(0.89 ± 0.07)	Mars

Tableau E : Longueur moyenne des pétioles de *Posidonia oceanica* : maximum et minimum observés dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj.

Station		Longueur moyenne des pétioles (cm)			
		Maximum	Mois	Minimum	Mois
Hadjadj	HS1	(3.60 ± 1.55)	Juin	(3.25 ± 0.95)	Février
	HS2	(3.41 ± 1.49)	Juin	(3.05 ± 0.75)	Mars
	HS3	(3.73 ± 1.39)	Juin	(3.11 ± 1.55)	Mars
Stidia	SS1	(3.74 ± 1.90)	Juin	(2.21 ± 1.15)	Mars
	SS2	(3.31 ± 1.32)	Juin	(2.26 ± 0.29)	Février
	SS3	(4.50 ± 1.36)	Juin	(3.02 ± 1.30)	Février

Tableau F : Surface foliaire moyenne de *Posidonia oceanica* par type de feuilles : maximum et minimum observés dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj.

Type de feuilles	Sites et stations		Surface foliaire moyenne (cm ² / faisceau)			
			Maximum	Mois	Minimum	Mois
Adultes	Hadjadj	HS1	(168.01 ± 38.04)	Juin	(88.35 ± 27.02)	Février
		HS2	(257.52 ± 93.73)	Juin	(80.59 ± 28.19)	Février
		HS3	(265.23 ± 59.05)	Juin	(49.53 ± 16.87)	Février
	Stidia	SS1	(160.54 ± 66.02)	Juin	(36.52 ± 24.49)	Février
		SS2	(197.76 ± 62.69)	Mai	(63.89 ± 49.47)	Février
		SS3	(195.35 ± 50.29)	Juin	(77.43 ± 36.09)	Février
Intermédiaires	Hadjadj	HS1	(112.89 ± 30.97)	Février	(23.63 ± 15.56)	Juin
		HS2	(110.28 ± 32.66)	Février	(25.14 ± 20.02)	Juin
		HS3	(103.27 ± 22.50)	Février	(53.98 ± 46.05)	Juin
	Stidia	SS1	(56.15 ± 32.80)	Avril	(22.31 ± 17.30)	Mars
		SS2	(74.14 ± 35.81)	Avril	(36.50 ± 32.09)	Mars
		SS3	(86.21 ± 45.56)	Avril	(43.67 ± 25.66)	Mars
Juvéniles	Hadjadj	HS1	(1.48 ± 1.27)	Juin	(0.13 ± 0.11)	Mars
		HS2	(2.64 ± 2.33)	Juin	(0.16 ± 0.14)	Avril
		HS3	(2.89 ± 1.68)	Juin	(0.51 ± 0.19)	Mai
	Stidia	SS1	(2.72 ± 1.20)	Février	(0.66 ± 0.61)	Avril
		SS2	(2.32 ± 1.61)	Juin	(1.40 ± 1.13)	Mars
		SS3	(2.69 ± 1.76)	Juin	(0.41 ± 0.23)	Avril
Globales	Hadjadj	HS1	(256.09 ± 85.19)	Mai	(191.64 ± 49.86)	Février
		HS2	(282.65 ± 92.44)	Juin	(187.00 ± 57.62)	Mars
		HS3	(319.21 ± 62.01)	Juin	(152.80 ± 33.55)	Février
	Stidia	SS1	(187.50 ± 70.58)	Mai	(74.79 ± 42.84)	Février
		SS2	(267.26 ± 77.61)	Mai	(103.88 ± 57.54)	Mars
		SS3	(255.06 ± 63.58)	Juin	(150.07 ± 42.07)	Février

Tableau G : Indice foliaire moyen de *Posidonia oceanica* par type de feuilles : maximum et minimum observés dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj.

Type de feuilles	Sites et stations		Indice foliaire moyen (m^2/m^2)			
			Maximum	Mois	Minimum	Mois
Adultes	Hadjadj	HS1	(8.49 ± 1.92)	Juin	(4.47 ± 1.37)	Février
		HS2	(4.99 ± 1.81)	Juin	(1.56 ± 0.55)	Février
		HS3	(7.98 ± 2.24)	Juin	(1.88 ± 0.64)	Février
	Stidia	SS1	(2.91 ± 1.20)	Juin	(0.66 ± 0.44)	Février
Intermédiaires	Hadjadj	HS1	(5.71 ± 1.57)	Février	(1.19 ± 0.79)	Juin
		HS2	(2.14 ± 0.63)	Février	(0.49 ± 0.39)	Juin
		HS3	(3.92 ± 0.85)	Février	(2.05 ± 1.75)	Juin
	Stidia	SS1	(1.02 ± 0.59)	Avril	(0.40 ± 0.31)	Mars
Juvéniles	Hadjadj	HS1	(0.07 ± 0.06)	Juin	(0.006 ± 0.006)	Mars
		HS2	(0.05 ± 0.04)	Juin	(0.010 ± 0.010)	Avril
		HS3	(0.10 ± 0.03)	Juin	(0.019 ± 0.011)	Mai
	Stidia	SS1	(0.049 ± 0.040)	Février	(0.012 ± 0.011)	Avril
Globales	Hadjadj	HS1	(12.95 ± 4.31)	Mai	(8.95 ± 2.52)	Février
		HS2	(5.47 ± 1.79)	Juin	(3.62 ± 1.12)	Mars
		HS3	(12.10 ± 2.35)	Juin	(5.79 ± 1.27)	Février
	Stidia	SS1	(3.40 ± 1.28)	Mai	(1.36 ± 0.78)	Février

Tableau H : Coefficient A moyen de *Posidonia oceanica* par type de feuilles : maximum et minimum observés dans l'ensemble des stations des sites de Stidia et de Hadjadj.

Type de feuilles	Sites et stations		Coefficient A moyen (%)			
			Maximum	Mois	Minimum	Mois
Adultes	Hadjadj	HS1	(100 ± 0.00)	Avril	(86.6 ± 22.01)	Février
		HS2	(100 ± 0.00)	Mai	(82.4 ± 6.32)	Février
		HS3	(97.5 ± 7.91)	Avril	(90.1 ± 10.75)	Février
	Stidia	SS1	(100 ± 0.00)	Avril	(93.3 ± 8.65)	Février
		SS2	(100 ± 0.00)	Avril	(90 ± 7.14)	Février
		SS3	(100 ± 0.00)	Mai	(95 ± 7.85)	Février
Intermédiaires	Hadjadj	HS1	(35.1 ± 23.99)	Avril	(10 ± 9.05)	Juin
		HS2	(55.8 ± 34.28)	Avril	(10 ± 9.85)	Juin
		HS3	(45.4 ± 22.53)	Février	(16.6 ± 13.90)	Juin
	Stidia	SS1	(70 ± 34.96)	Avril	(35 ± 32.16)	Mars
		SS2	(71.5 ± 26.20)	Mai	(35 ± 33.75)	Mars
		SS3	(76.6 ± 41.74)	Juin	(28.3 ± 25.29)	Mars
Globales	Hadjadj	HS1	(80.4 ± 10.79)	Avril	(48.7 ± 22.23)	Février
		HS2	(81.4 ± 12.00)	Avril	(57.4 ± 14.22)	Février
		HS3	(76.2 ± 12.15)	Avril	(63 ± 14.30)	Mars
	Stidia	SS1	(84.2 ± 25.69)	Avril	(73.5 ± 13.95)	Février
		SS2	(88.8 ± 10.87)	Mai	(68.1 ± 27.82)	Février
		SS3	(93.8 ± 10.16)	Juin	(76.6 ± 17.78)	Février

Tableau I : Distribution des fractions granulométriques du contenu digestif et du substrat du biotope de *H. (L.) poli* du site de Stidia [selon la classification de Berthois (1975)].

Fractions granulométriques	Sédiment du biotope (%)	Sédiment du contenu digestif (%)
Très grossière (> 2000 µm)	(0.45 ± 0.11)	(0.88 ± 0.61)
Grossière (600 - 2000 µm)	(1.62 ± 1.81)	(2.37 ± 1.46)
Moyenne (200 – 600 µm)	(68.90 ± 10.06)	(62.70 ± 3.68)
Fine (60 - 200 µm)	(24.63 ± 10.30)	(35.69 ± 4.88)
Très fine (40 - 60 µm)	(0.13 ± 0.04)	(0.26 ± 0.12)



Figure A : Perturbation anthropique au niveau du site de Stidia. Rejet d'eau usée (flèches blanches) d'une des habitations limitrophe de la station SS1 (flèche rouge) du site de Stidia (A) ; ruissellements d'eau usée (flèches blanches) et déchets (flèches rouges) des habitations du site de Stidia (B). Photos prises en Février 2012.



Figure B : Installation d'une canalisation des eaux usées (flèche noire) de la ville de Stidia. Ces eaux usées vont être directement déversées au niveau de la station SS3 (flèche rouge) du site de Stidia. Photos prises en Février 2012.



Figure C : Le méridien de Greenwich qui passe devant le site de Stidia. Photos prise en Septembre 2011.



Figure D : Conséquence d'une construction de cabanons sur le cordon dunaire du site de Hadjadj. Ruelles envahies par le sable lors de la période hivernal (A) ; abords de cabanons envahies par le sable lors de la période hivernal (B). Photos prises en Février 2012.

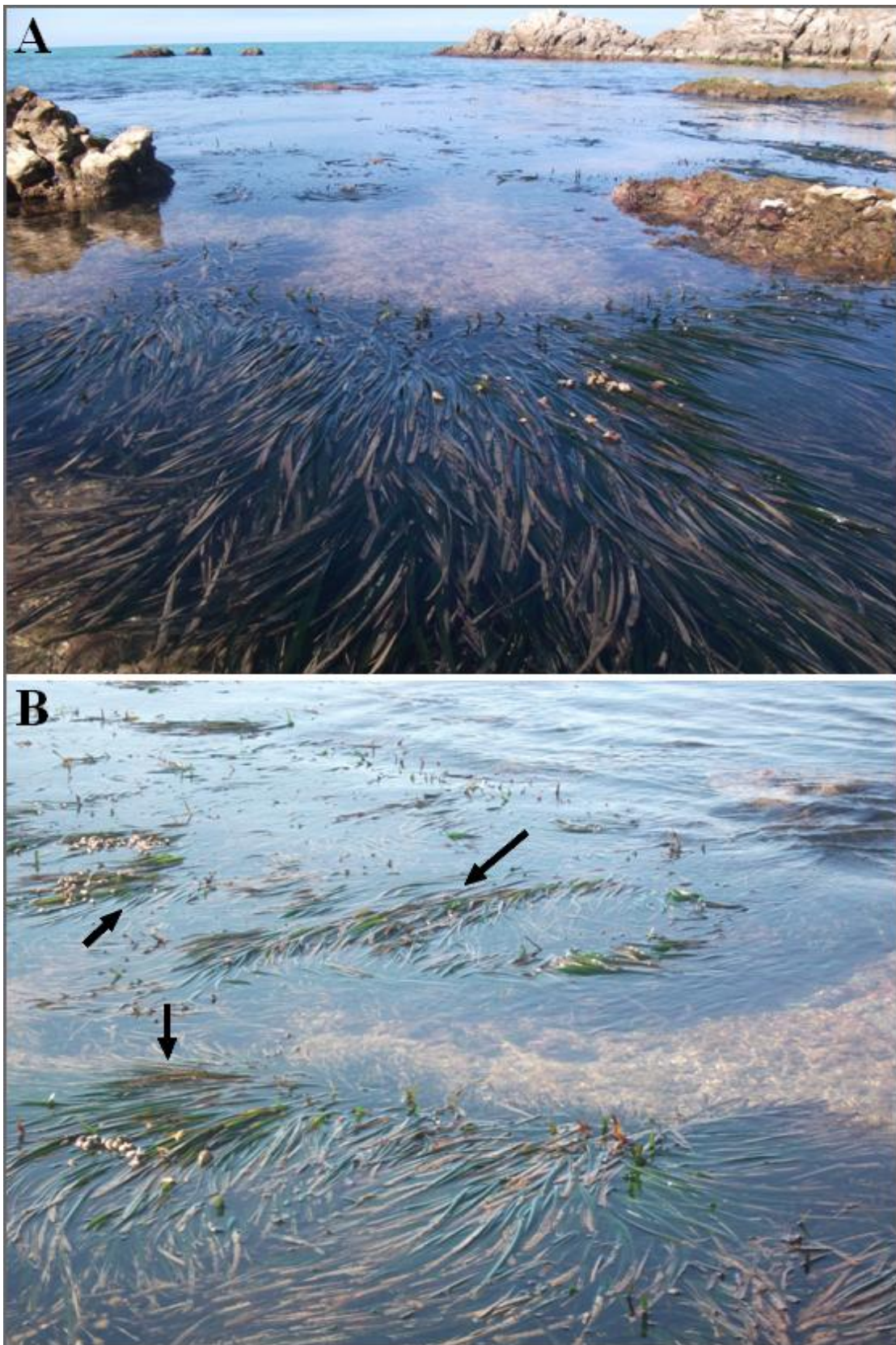


Figure E : l'herbier de Posidonies du site de Hadjadj. Herbier de Posidonies à une profondeur de - 0.7 m au niveau de la station HS2 (A) ; feuilles de Posidonies (flèches) qui émergent de l'eau en temps calme (B). Photos prises en Février 2012.

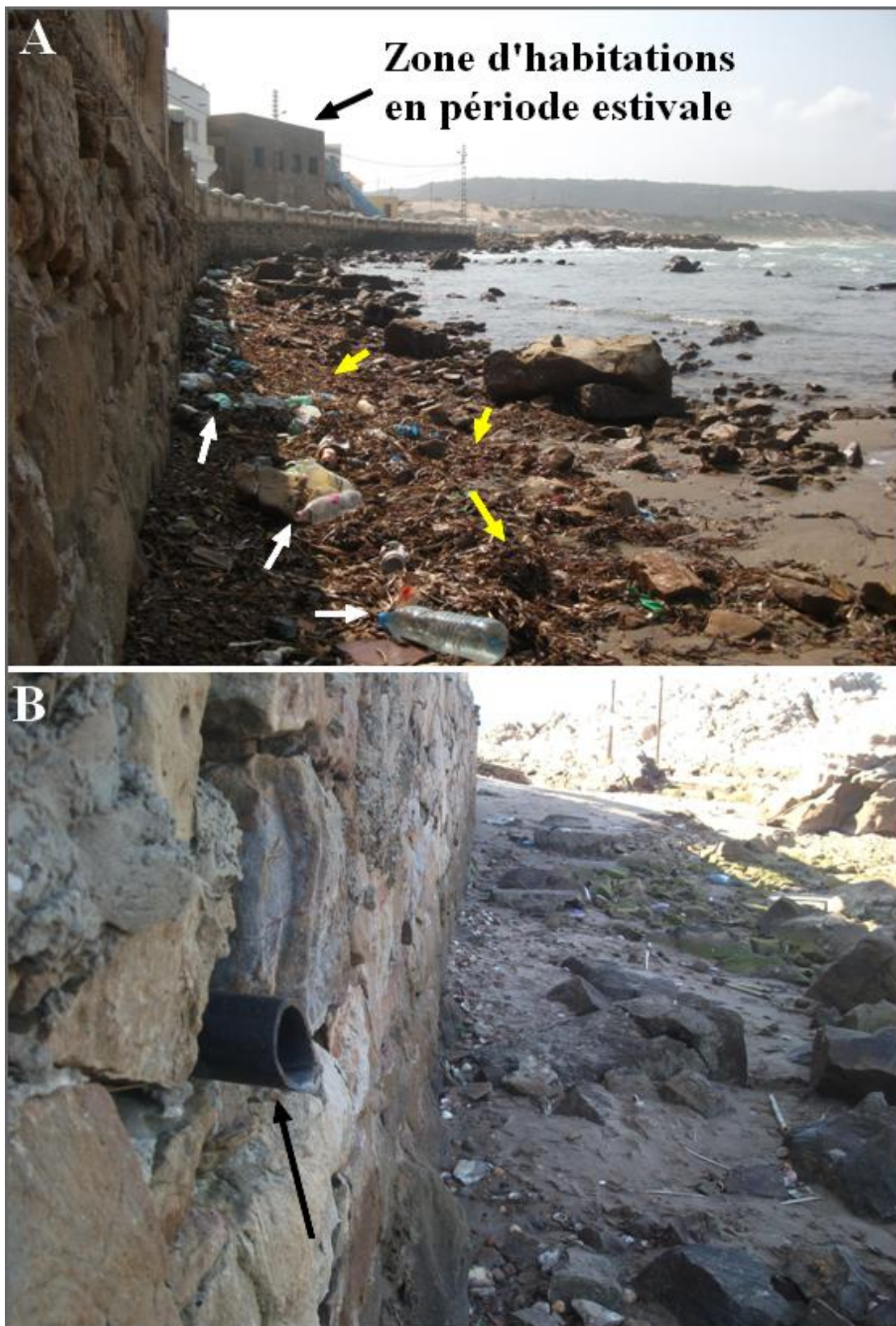


Figure F : Perturbation anthropique au niveau du site de Hadjadj. Feuilles mortes de Posidonies (flèches jaunes) rejetées par la mer, dépaysées par des bouteilles, sachets en plastique et autres déchets (flèches blanches) prévenants des cabanons (A) ; un des plusieurs égouts d'eau usée qui se déverse juste au niveau de la station HS2 (B). Photos prises en Septembre 2011.

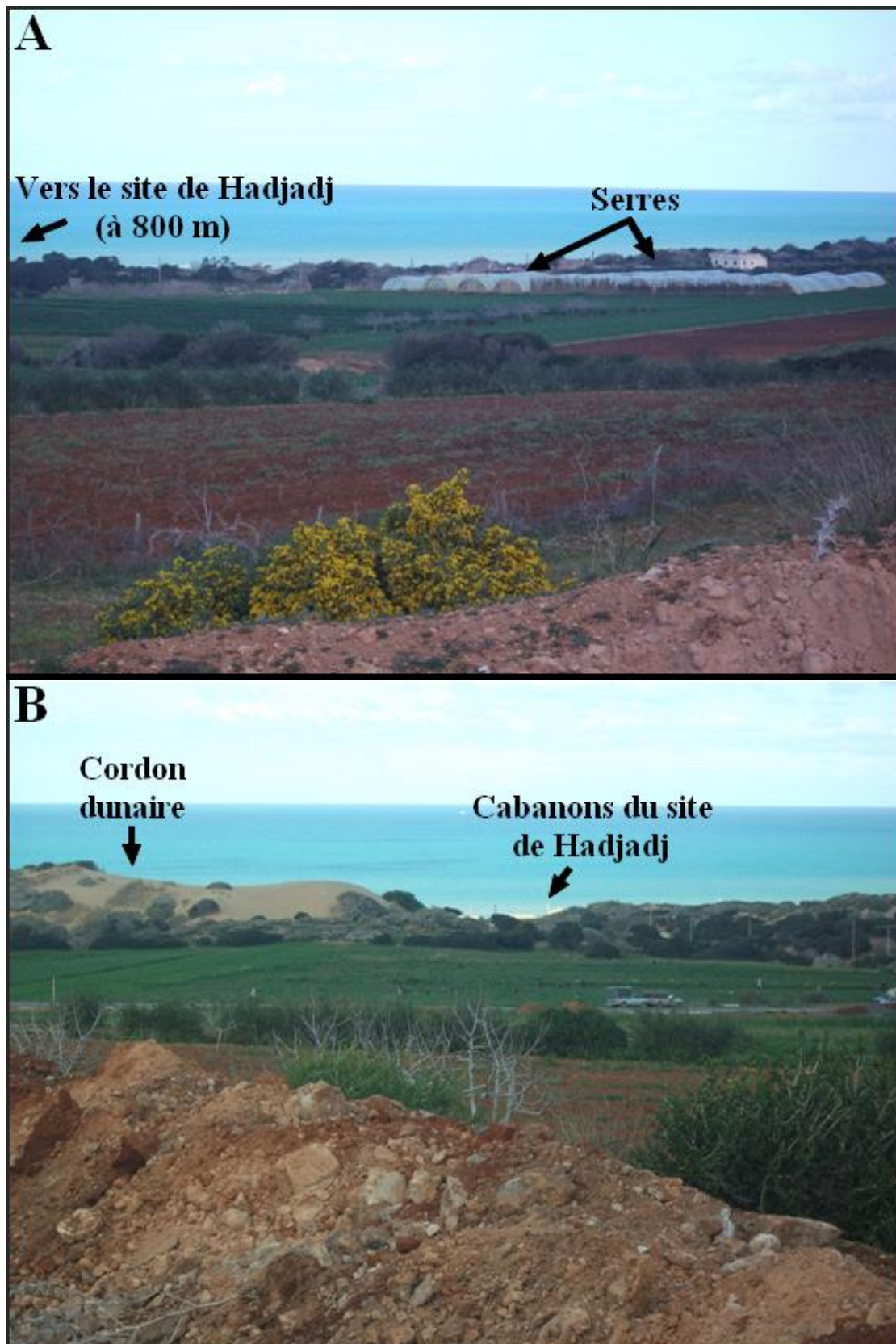


Figure G : Zone agricole limitrophe du site étudié de Hadjadj (**A et B**). Photos prises en Mars 2012.

Résumé et article publié dans les actes du Proceeding des IIIème Journées de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Mostaganem, 11-12 Avril 2012”

Caractéristiques biologiques et écologiques de l’herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de deux localités de la côte de Mostaganem.

Noredine BELBACHIR* & Karim MEZALI

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des ressources halieutique, BP 300, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie.

email: belbachirnoredine@hotmail.fr

Résumé

Afin de caractériser l’état de l’herbier à *Posidonia oceanica* de la frange côtière de Mostaganem, des mesures de la densité et un suivi des paramètres phénologiques ont été effectués au niveau de deux localités (Hadjadj et Stidia) à une profondeur moyenne de -3 m, de Février à Juillet 2011.

A Stidia, l’herbier se trouve sur un substrat rocheux avec un pourcentage de recouvrement moyen ; contrairement à Hadjadj où l’herbier est installé sur substrat meuble avec un faible pourcentage de recouvrement. Des densités moyennes de 359.47 faisceaux/m² et de 266.10 faisceaux/m² ont été obtenues respectivement à Hadjadj et à Stidia. Ce qui signifie que les herbiers des deux localités présentent des densités anormales. Au niveau des deux localités, les paramètres phénologiques étudiés présentent une augmentation en fin printemps début été (Mai et Juin) et une diminution en fin de la période hivernale et début printemps (Février et Mars). L’herbier de Hadjadj présente une meilleure vitalité par rapport à celui de Stidia ; quoique les deux herbiers montrent un léger signe de perturbation compte tenue de leurs faibles densités.

Mots clés : *Posidonia oceanica*, phénologie, densité, Mostaganem, vitalité.

The State of health of *Posidonia oceanica* meadows in two localities of the Mostaganem coastal area (Stidia and Hadjadj - Algeria)

Karim MEZALI* & Noredine BELBACHIR**

*, ** Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des ressources halieutique, BP 300, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie.

***email:** belbachirnoredine@hotmail.fr

Abstract

The studies relating to the *Posidonia oceanica* meadows near the western coast of Algeria (Mostaganem) are practically non-existent.

In order to characterize the state of health of a *Posidonia oceanica* meadow of the coastal fringe of Mostaganem, measurements of the shoot density and a follow-up of the phenological parameters were carried out near two localities (Hadjadj and Stidia) at mean depth of 3 m, from February to July 2011. In Stidia area, the meadow develops on a rocky substratum with an average percentage of covering; contrary in Hadjadj area, the meadow is installed on soft bottom substrate with a small percentage of covering. An average densities of 359.47 shoots/m² and 266.10 shoots/m² were obtained respectively in Hadjadj and Stidia areas. That means that the meadows of the two localities have abnormal densities. The phenological parameters in the two localities present an increase at the end of spring – beginning of summer (May and June) and a reduction in the end of winter - beginning of spring (February and Mars). Thus, the *Posidonia oceanica* meadow of Hadjadj area has a better vitality compared to the one of Stidia; though both meadows of the studied areas shows a light sign of disturbance dues to their weak shoot densities.

Key words: *Posidonia oceanica*, phenology, density, Mostaganem, vitality.

Preliminary study of the monthly evolution of the leaf area index of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in two areas of the coastal fringe of Mostaganem (Hadjadj, Stidia - Algeria)

Noreddine BELBACHIR* & Karim MEZALI**

^{*,**}Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département des ressources halieutique, BP 300, Université Abdelhamid Ibn Badis de
Mostaganem, Algérie.

***email:** belbachirnoredine@hotmail.fr

Abstract

A monthly survey of the Leaf area index of *Posidonia oceanica* of two areas (Hadjadj, Stidia) in Mostaganem coastal fringe, was carried out from February to July 2011 with an average depth of -3m; that for having an outline and comparison on the vitality of the *Posidonia* meadows of these two areas. In Hadjadj station, the leaf area index (in m² of leafs per m² of surface of the bottom) shows a monthly variation with a minimum recorded in February (6.15 ± 2.64 m²/m²) and a maximum in June (9.09 ± 3.35 m²/m²). At Stidia area, the leaf area index also presents monthly variations with a minimum recorded in February (1.36 ± 0.78 m²/m²) and a maximum in May (3.40 ± 1.28 m²/m²). The state of health of the *Posidonia oceanica* meadow at Hadjadj area is better than that of the Stidia area, since the values of the leaf area index obtained in Hadjadj area is definitely higher than those obtained in Stidia (P<0,01). However, the leaf area index of *Posidonia oceanica* obtained in both studied areas present values which are abnormal, thus translating a sign of disturbance.

Key words: *Posidonia oceanica*, Leaf area index, perturbation, Mostaganem.