

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

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister

En: Sciences de la Mer

Spécialité : Connaissance, Valorisation et Gestion de la Biodiversité Marine Côtière

Thème

*Contribution de la biomasse des épiphytes de *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 à l'apport de matière organique au substrat de l'herbier. Côte de Mostaganem*

Présenté par : ***M. BOUCHHER Abdelhamid***

La composition du jury de soutenance

Nom et Prénom	Grade	Qualité	Appartenance Administrative
Karim MEZALI	Pr	Président	Université de Mostaganem
Ahmed KERFOUF	Pr	Examineur	Université de Sidi Bel-Abbes
Rabah CHADLI	MCA	Examineur	Université de Mostaganem
Dina Lila SOUALILI	MCA	Examinatrice	Université de Mostaganem
Nasr-Eddine TAIBI	MCA	Encadreur	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2014-2015

Remerciements

Avant tout, je remercie notre dieu, ALLAH, le tout puissant pour sa protection et son guidage ; Arrivé au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude à mon encadreur, Dr. Nasr-Eddine TAIBI. Sans sa rigueur et son orientation, ce travail n'aurait tout simplement pas aboutit. Je le remercie pour son soutien, sa compréhension, ses encouragements et de m'avoir encadré. Je le remercie également de sa précieuse contribution à l'amélioration de la rédaction de la version finale du présent mémoire.

De même, je souhaite exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail ; je leur témoigne toute ma gratitude. Je suis très honoré que Pr. Karim MEZALI ait accepté la présidence du jury de soutenance. Je remercie également Pr. Ahmed KERFOUF, Dr. Dina Lila SOUALILI et Dr. Rabah CHADLI pour avoir accepté d'examiner mon travail de mémoire ; je ne doute pas que leur critiques et suggestions me seront d'un grand enseignement.

J'exprime également ma profonde gratitude au Dr. Ait SAADA pour m'avoir accueilli dans son bureau et donné son appui durant les analyses statistiques.

Mes remerciements vont aussi à M. Mourad KRIDECHE, responsable du laboratoire d'halieutique à l'Université de Mostaganem ;

Finalement, ces remerciements ne pourraient être clos si j'oubliais toute ma famille et mes ami (e)s pour m'avoir soutenu/supporté pendant ces deux années de magistère ;

Et bien sûr, mes parents, mes frères et ma soeur qui m'ont toujours soutenu et encourager ;

A ces remerciements, j'associer l'expression de ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé bénévolement de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire ;

Merci à tous ceux que je n'ai pas cités ici mais à qui je pense quand même !!!

Abdelhamid BOUCHHER

Résumé

La Côte de Mostaganem est un espace fragile, vulnérable, limité et convoité. Les écosystèmes marins de la région, comme un peu partout en Méditerranée, sont soumis à une forte pression anthropique à cause des activités humaines, l'augmentation de la population et les rejets urbains en Mer.

Le présent travail se centre sur la détermination de la relation qui existe entre la biomasse des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* et le taux de matière organique contenue dans le sédiment associé à l'herbier. Trois sites d'échantillonnage ont été choisis dans trois localités de la frange côtière de Mostaganem : Plage de Stidia (3 à 5 m de profondeur), Salamandre (2 à 3,4 m de profondeur) et Plage de Petit Port (1 à 3,2m de profondeur). Huit échantillons de posidonie et 8 échantillons de sédiment ont été prélevés pour chacun des sites. Afin de disposer d'un maximum d'épiphytes, tous les prélèvements ont été effectués en période tempérée (épiphytisme maximal). En tout, 18 espèces de faune et de flore épiphytes des feuilles de posidonie ont été identifiées. Elles appartiennent à 5 groupes taxonomiques dominés par les Bryozoaires et les Hydrozoaires. L'espèce la plus répandue est *Electra posidonia* ; elle compte pour les Bryozoaires. Cette espèce a été échantillonnée dans les trois sites et à toutes les profondeurs de prélèvement. Elle occupe presque la moitié de la surface de la feuille de la posidonie. Les résultats des paramètres phénologiques de la posidonie montrent que l'herbier de la Plage de Stidia est en meilleure condition de conservation que celui de Salamandre et de la Plage de Petit Port. Ces deux derniers montrent un signe de perturbation, du fait des rejets urbains surtout en période estivale. Comparé avec la Plage de Stidia et celle de Petit Port, le taux de recouvrement des feuilles par les épiphytes est très élevé à Salamandre. Pour les trois sites, une corrélation positive a été trouvée entre la biomasse des épiphytes des feuilles de la posidonie et le taux de matière organique contenue dans le sédiment de l'herbier. Cela signifie que la biomasse des épiphytes contribue à l'apport de matière organique au substrat de l'herbier.

Mots clés : *Posidonia oceanica*, phénologie, épiphytes, *Electra posidonia*, sédiment, matière organique, côte occidentale algérienne.

Abstract

The coast of Mostaganem is a vulnerable and limited area. As everywhere in the Mediterranean, the marine ecosystems of this region became exposed to a strong anthropic pressure due to human activities, increasing demography and urban discharges in the sea.

This work focuses on determining the relationship between biomass of epiphytic organisms of the *Posidonia oceanica* leaves and organic matter contained in the sediment of the seagrass. Three locations in the coastal zone of Mostaganem were chosen for the sampling: shore of Stidia (3-5 m depth), Salamandre (2 to 3.4 m depth) and shore of Petit Port (1-3.2 m depth). Eight samples of posidonia and 8 sediment samples were taken for each site. In order to have a maximum of epiphytes, all the samples were taken in temperate period.

Eighteen species of epiphytic fauna and flora which live on the posidonia leaves have been identified. They belong to five taxonomic groups dominated by *Bryozoa* and *Hydrozoa*. The most widespread species is *Electra posidonia*; it belongs to the *Bryozoa*. This species was sampled in the 3 sites and in all depths. It occupies almost half the surface of the posidonia leaves.

The results of phenological study show that the posidonia seagrass of Stidia are ecologically better conserved those of Salamandre and the shore of Petit Port. Both show signs of disturbance because of the urban waste water discharged directly in the sea, especially in the summer. Compared with the shores of Stida and Petit Port, the recovery leaves' rate by epiphytes is very high at Salamandre.

All the sampled sites show a positive correlation between the biomass of epiphytic of the posidonia leaves and the organic matter found in the seagrass sediment. This means that the biomass of epiphytes contributes to the production of organic matter in the seagrass substrate.

Key words: *Posidonia oceanica*, phenology, epiphytes, *Electra posidonia*, sediment, organic matter, Algerian western coast.

الملخص

ان سواحل مستغانم هي عبارة عن مساحات هشة، محدودة و مهددة. الانظمة البيئية لهذه المنطقة مثلها مثل سواحل البحر الابيض المتوسط، تخضع لتأثير الضغط البشري، بسبب الزيادة في الانشطة البحرية، الكثافة السكانية في المناطق الساحلية وبالتالي الزيادة في منسوب مياه الصرف الصحي و التي تصب مباشرة في مياه البحر.

هذه الدراسة تهدف الى تحديد العلاقة الموجودة بين الكتلة الحيوية " Les épiphytes " التي تعيش على اوراق " *Posidonia oceanica* " و نسبة المواد العضوية الموجودة بالراسب المرتبط بالعشبة. من اجل هذا تم اختيار ثلاث مواقع مختلفة من الشريط الساحلي لمستغانم، شاطئ استيدية (من 3 الى 5 امتار بالنسبة لعمق العينات)، شاطئ صلامندر (من 2 الى 3.4 امتار) و شاطئ بوتي بور (من 1 الى 2.3 امتار). في كل موقع، تم اخذ 08 عينات من عشبة البوزيدونيا و 08 عينات من الراسب المرتبط بها. و للحصول على اكبر نسبة من الطفيليات تم جمع العينات في فصل الصيف اين تسجل النسبة القصوى للطفيليات.

خلال هذه الدراسة تم احصاء حوالي 18 صنفا من هذه الطفيليات موزعة على خمسة مجموعات تصنيفية مع سيادة واضحة في كل من " Bryozoaires" و " Hydrozoaires " .

" *Electra posidonia* " هو الصنف الاول من الطفيليات و الاكثر تواجدا، بحيث تم احصاؤه في كل العينات و في كل الاعماق و هو يغطي تقريبا نصف مساحة ورقة عشبة البوزيدونيا.

النتائج الفيزيولوجية لعشبة البوزيدونيا اثبتت بان عشبة البوزيدونيا الموجودة بشاطئ استيدية هي الاحسن من حيث النمو و الحالة الصحية مقارنة بالعشبة الموجودة في شاطئ صلامندر و بوتي بور، و اللدين تظهر عليهما علامات الاضطراب نتيجة لارتفاع منسوب مياه الصرف الصحي و النفايات المنزلية الصلبة الخاصة بالسكان و التي تتضاعف في موسم الصيف.

مقارنة بشاطئ استيدية و بوتي بور، اوراق عشبة البوزيدونيا المأخوذة من شاطئ صلامندر تظهر مغطاة اكثر بالطفيليات، بحيث هي تظهر مغطاة بالكامل و مكسورة الاطراف.

بالنسبة للموقع الثلاثة، توجد علاقة طردية بين الكتلة الحيوية للطفيليات التي تعيش على سطح اوراق عشبة البوزيدونيا و نسبة المواد العضوية الموجودة بالراسب المرتبط بها و هذا يعني ان الكتلة الحيوية للطفيليات تساهم في تركيب المواد العضوية الموجودة بالراسب.

كلمات المفاتيح: " *Posidonia oceanica* " فيزيولوجيا، طفيليات، " *Electra posidonia* " رواسب، مواد عضوية، الساحل الغربي الجزائري.

Liste des figures

Figure 1 : Morphologie de <i>Posidonia oceanica</i> (photo BOUCHHER, 2014. Modifiée).....	4
Figure 2 : Fig. 2 : Répartition de <i>Posidonia oceanica</i> le long des côtes méditerranéennes (ligne rouge) (d'après Procaccini et al., 2003, modifiée).....	6
Figure 3 : La lépidochronologie. En haut : disposition des écailles le long d'un rhizome de <i>Posidonia oceanica</i> . 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).....	7
Figure 4 : Inflorescence de <i>Posidonia oceanica</i> (A). Fleurs de <i>Posidonia oceanica</i> (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)	8
Figure 5 : Fruits de <i>Posidonia oceanica</i> (« olives de mer »). a : Début de fructification. b : Fruits murs. c : Fruits à la surface de l'eau (Lafabrie, 2007).....	9
Figure 6 : Devenir de la production primaire (en pourcentage de carbone) de <i>Posidonia oceanica</i> . (Pergent et al., 1997).....	10
Figure 7 : Rôle écologique de l'herbier de <i>Posidonia oceanica</i> (Harmelin, 1993).....	12
Figure 8 : Banquette de feuilles mortes de <i>Posidonia oceanica</i> à Stidia (Photo BOUCHHER, 2014).....	13
Figure 9 : Quelques exemples d'épiphytes (Boudouresque et Meinesz, 1982).....	19
Figure 10 : Biofilm présent sur des feuilles de posidonies où on peut reconnaître divers types de bactéries et de diatomées (Dauby et Poulicek, 1995).....	20
Figure 11: Biofilm bactérien constitué de bactéries du genre <i>Bacillus</i> (flèches), sur une feuille de posidonie prise au microscope à transmission électronique (Gr : x600) (d'après Pête, 2005).....	21
Figure 12 : Diatomée du genre <i>Cocconeis</i> sur une feuille de <i>Posidonia oceanica</i> prise au microscope à transmission électronique (Gr : x4300) (d'après Pête, 2005).....	22
Figure 13 : Colonie du Bryozoaire épiphyte <i>Electra posidoniae</i> , sur une feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982).....	27
Figure 14 : La région méditerranéenne et ces deux bassins (occidental et oriental) (Google Earth, 2014).....	29
Figure 15 : Littoral algérien (Google-Map, 2007).....	30

Figure 16 : Carte de la cote de Mostaganem avec les trois sites de notre échantillonnage (Google map, 2014 ; modifiée).....	33
Figure 17 : Échantillons de <i>Posidonia oceanica</i> prélevés au niveau du site de Stidia (Photographie©BOUCHHER2013).....	35
Figure 18 : Un échantillon de sédiment prélevé dans un sac en plastique (à gauche ; Photographie©BOUCHHER2013).....	36
Figure 19 : Identification à la loupe des principales espèces épiphytes des feuilles de <i>Posidonia oceanica</i> (Photographie©BOUCHHER2014).....	36
Figure 20 : Etapes de traitement des faisceaux de Posidonies pour l'étude de la phénologie (à gauche) ; décortication d'un faisceau de posidonie. (à droite); Mesure d'une feuille de posidonie. (Photographies©BOUCHHER2014).....	38
Figure 21 : Grattage des épiphytes des feuilles de posidonie (Photographie©BOUCHHER2014).....	40
Figure 22 : A gauche. Les feuilles de Posidonie débarrassés de leurs épiphytes rincées à l'eau ; à droite. Les épiphytes grattées des feuilles (Photographie©BOUCHHER2014).....	40
Figure 23 : Balance de précision de la marque KERN EW de précision (0,001g).....	41
Figure 24 : Four à moufle.....	42
Figure 25 : Tamis de 0,5mm (fraction).....	42
Figure 26 : La calcination du sédiment dans un four à moufle.....	43
Figure 27 : Schéma représentant le type d'herbier de la plage de Stidia.....	46
Figure 28 : Schéma représentant le type d'herbier de la plage de Petit Port.....	47
Figure 29 : <i>Electra posidonia</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (TAIBI.N©2014).....	47
Figure 30 : <i>Diphasia attenuata</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (Salamandre, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	49
Figure 31 : <i>Balanus perforatus</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (Salamandre, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	49
Figure 32 : <i>Columbella rustica</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (Salamandre, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	49
Figure 33 : <i>Electra posidonia</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (Stidia, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	50

Figure 34 : <i>Diphasia attenuata</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (Stidia, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	50
Figure 35 : <i>Amphisbetia operculata</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (Stidia, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	50
Figure 36 : <i>Monothecca obliqua</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (Stidia, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	50
Figure 37 : <i>Aglaphenoia_sp</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (plage de Petit Port, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	51
Figure 38 : <i>Electra posidonia</i> , épiphyte fixé sur la feuille de <i>Posidonia oceanica</i> (plage de Petit Port, présente étude) (TAIBI.N©2014).....	51
Figure 39 : Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	52
Figure 40 : Nombre moyen de feuilles adultes de <i>Posidonia oceanica</i> dans les différentes stations/Stidia, Salamandre et Petit Port.....	54
Figure 41 : Nombre moyen de feuilles intermédiaires de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	56
Figure 42 : Nombre moyen de feuilles juvéniles de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	58
Figure 43 : Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	60
Figure 44 : Longueur moyenne des feuilles adultes de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	62
Figure 45 : Longueur moyenne des feuilles intermédiaires de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations des trois sites (Stidia, Salamandre et Petit Port).....	64
Figure 46 : Longueur moyenne des feuilles juvéniles de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	66
Figure 47 : Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	67
Figure 48 : Largeur moyenne des feuilles adultes de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	69
Figure 49 : Largeur moyenne des feuilles intermédiaires de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	71

Figure 50 : Largeur moyenne des feuilles juvéniles (FJ) de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	73
Figure 51 : Surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	74
Figure 52 : Surface foliaire moyenne des feuilles adultes de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	76
Figure 53 : Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	78
Figure 54 : Surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles de <i>Posidonia oceanica</i> dans les différentes stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	80
Figure 55 : Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	81
Figure 56 : Coefficient A moyen des feuilles adultes de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	84
Figure 57 : Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires de <i>Posidonia oceanica</i> dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.....	86
Figure 58 : Biomasse moyenne des feuilles de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	88
Figure 59 : Biomasse moyenne des épiphytes des feuilles de <i>Posidonia oceanica</i> dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	89
Figure 60 : Taux de la matière organique contenue dans le sédiment dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.....	91
Figure 61 : Corrélation entre le taux de matière organique contenue dans le sédiment et la biomasse des épiphytes des feuilles (plage de Stidia).....	92
Figure 62 : Corrélation entre le taux de matière organique contenue dans le sédiment et la biomasse des épiphytes des feuilles (plage de Salamandre).....	93
Figure 63 : Corrélation entre le taux de matière organique contenue dans le sédiment et la biomasse des épiphytes des feuilles (plage de Petit Port).....	93

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des espèces épiphytes des feuilles de <i>Posidonia océanica</i> recensées au niveau des trois sites d'étude ; Stidia, Salamandre et Petit-Port. (P) : présente ; (A) : absente.....	48
Tableau 2 : Nombre moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>Posidonia oceanica</i> . (Maximum : M ; minimum : m) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.....	53
Tableau 3 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du nombre de feuilles adultes par faisceau de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	55
Tableau 4 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du nombre de feuilles intermédiaires par faisceau de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	57
Tableau 5 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du nombre de feuilles juvéniles par faisceau de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	59
Tableau 6 : Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de posidonie. (Maximum : M ; minimum : m) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.....	61
Tableau 7 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la longueur moyenne des feuilles adultes de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	63
Tableau 8 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la longueur moyenne des feuilles intermédiaires de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	65
Tableau 9 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la longueur moyenne des feuilles juvéniles de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	66
Tableau 10 : Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> relevées dans la	68
Tableau 11 : Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles adultes de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	70
Tableau 12 : Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles intermédiaires de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	72
Tableau 13 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles juvéniles de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	73
Tableau 14 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature...	75
Tableau 15 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la surface foliaire moyenne des feuilles adultes de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	77

Tableau 16 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	79
Tableau 17 : Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles intermédiaires de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	80
Tableau 18 : Coefficient A des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>Posidonia oceanica</i> . Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.....	83
Tableau 19 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du coefficient A moyen des feuilles globales adultes de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	85
Tableau 20 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du coefficient A moyen des feuilles intermédiaires de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	87
Tableau 21 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la biomasse moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	88
Tableau 22 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la biomasse moyenne des épiphytes des feuilles de <i>P. oceanica</i> relevées dans la littérature.....	89

Liste des abréviations et des acronymes

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

ANOVA : Analyse de Variance ("Analyse of variance").

cm : centimètre.

Fig : figure.

g : gramme.

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.

ha : hectar.

HSD: Difference significative honnête ("Honestly Significant Difference").

Km : kilomètre.

Km² : kilomètre carée.

Km³/S : kilomètre cube par seconde.

LFA : Longueur moyenne des Feuilles Adultes.

LFG : Longueur moyenne des Feuilles Globales (adultes et intermédiaires).

LFI : Longueur moyenne des Feuilles Intermédiaires.

LFJ : Longueur moyenne des Feuilles Juvéniles.

IFA : largeur moyenne des Feuilles Adultes.

IFG : largeur moyenne des Feuilles Globales (adultes et intermédiaires).

IFI : largeur moyenne des Feuilles Intermédiaires.

IFJ : largeur moyenne des Feuilles Juvéniles.

m : mètre.

m³/s : mètre cube par seconde.

max : maximum.

m_a : moyenne arithmétique.

MO : matière organique.

mm : millimètre.

µm : micromètre.

n : nombres d'observations.

O₂ : Oxygène.

PP : Plage de Petit Port.

P-PP : plage de Petit Port (échantillon de la posidonie).

PS : Poids Sec.

P-SDR : Salamandre (échantillon de la posidonie).

P-STD : plage de Stidia (échantillon de la posidonie).

r : Coefficient de Corrélation.

S: écart-type.

S²: variance.

SDR : Salamandre.

S-SDR : Salamandre (échantillon de sédiment).

SF : Surface Foliaire.

SFA : Surface Foliaire des Feuilles Adultes.

SFG : Surface Foliaire des feuilles Globales (adultes et intermédiaires).

SFI : Surface Foliaire des Feuilles Intermédiaires.

SFJ : Surface Foliaire des Feuilles Juvéniles.

S-PP : plage de Petit Port (échantillon de sédiment).

ST : Station.

STD : Plage de Stidia.

S-STD : plage de Stidia (échantillon de sédiment).

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

X_i : valeurs observées.

°C : Celsius (degrés).

% : Pour Cent.

‰ : Pour Mile.

SOMMAIRE

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I: Synthèse Bibliographique

I.1. Magnoliophytes marines	3
I.2. Herbiers à <i>P. oceanica</i>	4
I.2.1. Structure de l'herbier	4
I.2.2. Systématique	5
I.2.3. Répartition géographique	5
I.2.4. Croissance et développement	6
I.2.5. Reproduction	7
I.2.6. Écologie	9
I.2.7. Rôle et fonctionnement	10
I.2.7.2. Rôle dans les équilibres physiques du système littoral	12
I.2.7.3. Rôle économique	13
I.2.7.4. Rôle de bioindicateur	14
I.2.8. Causes de la régression des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i>	15
I.2.8.1. Aménagements côtiers	15
I.2.8.2. Modification des apports par les fleuves	16
I.2.8.3. Rejets urbains et les activités anthropiques	16
I.2.8.4. Aquaculture côtière	16
I.2.8.5. Dumping	17
I.2.8.6. Compétition avec les espèces introduites	17
I.3. Biocénoses épiphytes	18
I.3.1. Bactéries	21
I.3.2. Diatomées	22
I.3.3. Macro-algues épiphytes	23
I.3.4. Faune épiphyte	25
I.3.4.1. Bryozoaires	25
I.3.4.2. Foraminifères	27
I.4. Caractéristiques de la Méditerranée	Erreur ! Signet non défini.
I.4.1. Littoral algérien	Erreur ! Signet non défini.
I.4.2. Circulation des eaux le long des côtes algériennes	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II: Matériel et Méthodes

II.1. Objectifs de l'étude	32
II.2. Présentation de la zone d'étude et choix des sites	32
II.2.1. Plage de Stidia	33

II.2.2. Salamandre.....	34
II.2.3. Petit Port.....	34
II.3. Echantillonnage et traitement des échantillons.....	35
II.3.1. Echantillonnage.....	35
II.3.2. Traitement des échantillons de la posidonie	36
II.3.2.1. Identification de principales espèces épiphytes des feuilles de <i>Posidonia oceanica</i>	36
II.3.2.2. Détermination des paramètres phénologiques	37
II.3.2.2.1. Définition	37
II.3.2.2.2. Analyse biométrique	37
II.3.2.3. Biomasse des feuilles et des épiphytes des feuilles	40
II.4. Traitement des échantillons de sédiment	42
II.4.1. Taux de la matière organique dans le sédiment	43
II.5. Analyse statistiques des données	44
II.5.1. Moyenne arithmétique	44
II.5.2. Calcul de la variance et de l'écart-type.....	44
II.5.3. Analyse de la variance (ANOVA).....	45
II.5.3.1. Test HSD de Tukey	45
II.5.3.2. Test de Newman-Keuls	45

Chapitre III: Résultats et Discussion

III.1. Description du type d'herbier des sites étudiés	46
III.1.1. Plage de Stidia	46
III.1.2. Salamandre	46
III.1.3. Plage de Petit Port.....	46
III.2. Identification des principales espèces épiphytes des herbiers à <i>Posidonia oceanic</i>	47
III.3. Variation des paramètres phénologiques	51
III.3.1. Nombre moyen de feuilles par faisceau	51
III.3.1.1. Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par faisceau	51
III.3.1.2. Nombre moyen de feuilles adultes par faisceau	54
III.3.1.3. Nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau.....	55
III.3.1.4. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau	57
III.3.2. Longueur moyenne des feuilles	59
III.3.2.1. Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	59
III.3.2.2. Longueur moyenne des feuilles adultes.....	61
III.3.2.3. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires	63
III.3.2.4. Longueur moyenne des feuilles juvéniles	65
III.3.3. Largeur moyenne des feuilles.....	67

III.3.3.1. Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	67
III.3.3.2. Largeur moyenne des feuilles adultes.....	69
III.3.3.3. Largeur moyenne des feuilles intermédiaires.....	70
III.3.3.4. Largeur moyen des feuilles juvéniles.....	72
III.3.4. Surface foliaire moyenne.....	74
III.3.4.1. Surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)...	74
III.3.4.2. Surface foliaire moyenne des feuilles adultes.....	76
III.3.4.2. Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires.....	77
III.3.4.3. Surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles.....	79
III.3.5. Coefficient A moyen.....	81
III.3.5.1. Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	81
III.3.5.2. Coefficient A moyen des feuilles adultes.....	83
III.3.5.2. Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires.....	85
III.4. Biomasse.....	87
III.4.1. Biomasse des feuilles.....	87
III.4.2. Biomasse des épiphytes des feuilles.....	89
III.5. Taux de matière organique dans le sédiment.....	91
III.6. Relation entre le taux de matière organique contenue dans le sédiment et la biomasse des épiphytes des feuilles de <i>P. oceanica</i>	92
Conclusion générale	94
Référence bibliographiques	96
Annexe	118

INTRODUCTION

Introduction

La Magnioliophyte *Posidonia oceanica*, et les herbiers qu'elle constitue sont devenus un objectif majeur en termes de protection et de gestion du milieu marin en Méditerranée (Pergent, 1991 ; Boudouresque et *al.*, 1995 ; Procaccini et *al.*, 2003). En effet, les herbiers à *Posidonia oceanica* constituent l'écosystème marin le plus important de la Méditerranée (Boudouresque et Meinesz, 1982) puisqu'ils représentent un grand pôle de diversité biologique. En outre, leur important rôle écologique pour le développement, le maintien et la pérennité des écosystèmes littoraux a été démontré. Par ailleurs, il est connu que les herbiers de posidonie constituent un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines (Augier, 1985 ; Pergent, 1991 ; Pergent et *al.*, 1995). Cela est dû au fait qu'ils présentent une large répartition géographique, une grande longévité, une permanence de leur population au cours des saisons, une grande abondance ; ils ont également la capacité de concentrer une vaste gamme de xénobiotiques (Ward, 1989). Ils sont synonymes, par leur présence et leur vitalité ou leur régression, de la qualité des eaux.

La communauté des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile est caractérisée par des taux de productivité très élevés les rendant une source importante de nourriture pour les herbivores qui vivent en relation avec les herbiers (Havelange et *al.*, 1997 ; Lepoint et *al.*, 2000 ; Vizzini et *al.*, 2002 ; Heck et Valentine 2006). Certains auteurs introduisent également l'idée que les épiphytes pourraient être utilisés comme outils de diagnostic pour estimer la qualité et/ou le degré d'enrichissement en nutriments de l'eau (May, 1982 ; Borum, 1985).

Les épiphytes des feuilles de la posidonie ont fait l'objet de nombreuses études au cours des dernières décennies. Van der Ben (1971) fut le premier à décrire en détail la composition de cette communauté épiphyte ainsi que les relations entre les épiphytes et la plante support. Son étude était centrée sur deux localités des côtes méditerranéennes françaises : les régions de Banyuls-sur-Mer et de Villefranche-sur-Mer. Depuis les travaux de van der Ben, d'autres auteurs ont présenté des listes floristiques des épiphytes des feuilles de posidonie pour les côtes proches de la Corse (France et Italie). Ainsi, Mazzella, Scipione et Buia (1989) ont produit une liste de la communauté d'algues et d'animaux épiphytes dans un herbier de posidonie situé le long des côtes nord-ouest de l'île d'Ischia (dans le Golfe de Naples). Un autre herbier étudié par Cinelli et *al.* (1984), Casola et *al.* (1987) et Zupo et *al.* (2006). Des listes floristiques des épiphytes des posidonie du sud de la Sicile (Île de Vendicari et Capo Passero) ont également été publiées (Buia et *al.*, 1989).

La communauté des épiphytes des côtes de l'Ouest algérien est encore peu connue ; jusqu'à l'instant, une seule étude a été entreprise dans ce sens par Belkhamssa (2012) sur la côte de Mostaganem. De ce fait, le présent travail se propose d'explorer la communauté des épiphytes des Plages de Stidia, Salamandre et Petit Port (Sidi Lakhdar) et leur contribution à l'apport de matière organique au substrat de l'herbier.

La méthodologie considère les paramètres phénologiques des feuilles pour rendre compte de l'état de conservation de l'herbier de chacun des sites. Cette étape est suivie par l'identification des principales espèces d'épiphyte des feuilles et la détermination de leur biomasse. L'objectif consiste à connaître la relation entre la biomasse des épiphytes et le taux de matière organique contenue dans le sédiment formant le substrat de l'herbier. Les épiphytes des feuilles, contribuent-ils à l'apport de matière organique au substrat de l'herbier?

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Magnoliophytes marines

L'appellation, « Magnoliophytes marines » rassemble l'ensemble des plantes à fleur qui vivent submergées dans les eaux peu profondes et les estuaires.

Les magnoliophytes marines sont des Angiospermes d'origine continentale, retournée au milieu aquatique au Crétacé, il y a environ 120 millions d'années. Plus loin dans le passé, il y a environ 475 millions d'années, à l'Ordovicien (Ère primaire), leurs lointains ancêtres avaient quitté le milieu marin pour partir à la conquête des continents. (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Wellman et *al.*, 2003).

Les Magnoliophytes marines sont peu nombreuses, mais leur importance écologique est considérable dans les milieux littoraux : un grand nombre d'entre-elles sont des espèces « ingénieurs » d'écosystème, ou au moins des espèces-clé. Les écosystèmes qu'elles édifient, ou dont elles sont des acteurs majeurs, jouent un rôle considérable dans de nombreuses régions du monde. C'est le cas en Méditerranée.

Il existe près de 60 espèces de Magnoliophytes marines appartenant à 4 familles et 14 genres (Kuo et den Hartog, 2001). Cette variation provient de l'utilisation de critères différents en systématique pour déterminer et différencier les espèces (Hemminga et Duarte, 2000).

La Mer Méditerranée en compte 5 espèces de Magnoliophytes marines. Outre *Posidonia oceanica*, on y rencontre *Cymodocea nodosa*, *Nanozostera noltii*, *Zostera marina*, ainsi qu'une espèce de la Mer Rouge entrée en Méditerranée par le canal de Suez, *Halophila stipulacea* (Hartog, 1970 ; Por, 1978). L'Australie apparaît comparativement comme beaucoup plus riche, avec 30 espèces, dont 8 espèces du genre *Posidonia* : *P. angustifolia*, *P. australis*, *P. coriacea*, *P. denhartogii*, *P. kirkemanii*, *P. ostenfeldii*, *P. robertsonae* et *P. sinuosa* (Kuo et den Hartog, 2001).

Le fait que les différences génétiques (ADN) entre l'espèce méditerranéenne (*Posidonia oceanica*) et les espèces australiennes du genre *Posidonia* soient relativement profondes suggère que la séparation de ces deux groupes est ancienne, sans doute à la fin de l'Éocène (Waycott et Les, 2000).

I.2. Herbiers à *P. oceanica*

Les herbiers de cette espèce sont des formations caractéristiques du littoral méditerranéen, c'est-à-dire strictement cantonnée à cette mer et occupent une surface comprise entre 25.000 et 50.000 km², soit 1 à 2% des fonds de la Méditerranée (Pasqualini et *al.*, 1998a ; Gobert et *al.*, 2005). Ce sont de grandes prairies sous-marines constituées à partir de la phanérogame *P. oceanica* et dont la formation nécessite un substrat sableux, vaseux ou, plus rarement, sur un substrat dur (Boudouresque et Meneisz, 1982 ; Cinelli et *al.*, 1995).

I.2.1. Structure de l'herbier

P. oceanica est une phanérogame marine, de la famille des Potamogetonaceae, endémique de la Méditerranée (Den Hartog, 1970). Elle se présente sous la forme de faisceaux de 4 à 8 feuilles larges d'environ 1 cm ($1 \pm 0,2$ cm) et longues de 20 à 80 cm, en moyenne, mais pouvant atteindre plus d'un mètre (Bay, 1984). Ces différents faisceaux sont portés par des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment et appelées rhizomes (Boudouresque et Meneisz, 1982 ; Cinelli et *al.*, 1995 ; Gobert et *al.*, 2003). Les rhizomes rampants sont dits plagiotropes, et les rhizomes dressés orthotropes. En fonction de l'espace disponible, un rhizome orthotrope peut devenir plagiotrope, et vice-versa (Caye, 1980). Les rhizomes portent également des racines, qui peuvent descendre jusqu'à 70 cm dans le sédiment (Fig. 1) (Giraud et *al.*, 1979 ; Boudouresque et Meinesz, 1982).



Fig. 1 : Morphologie de *Posidonia oceanica* (photo BOUCHHER, 2014. Modifiée).

I.2.2. Systématique

Selon Kuo et den Hartog., (2001), la classification de *Posidonia oceanica* se présente comme suit :

Règne	Plante
Phylum	Chlorophyta
Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Alismatida
Ordre	Potamogetonales
Famille	Posidoniaceae
Genre	<i>Posidonia</i>
Espèce	<i>oceanica</i> (Linnaeus) Delile
Nom binominale	<i>Posidonia oceanica</i>

I.2.3. Répartition géographique

La distribution de *Posidonia oceanica* est presque continue tout au long du bassin Méditerranéen (Fig. 2), à l'exception de secteur de Gibraltar (influence atlantique) (Molinier et Picard, 1956), de la mer de Marmara, des côtes de Palestine (Lipkin, 1977), l'embouchure des fleuves ainsi que dans le Nord de la mer Adriatique (Gobert et *al.*, 2006). Sur les côtes Syro-Libanaises, l'herbier n'a été trouvé qu'en deux localités (Nord-Ouest de l'île de Rouad et à proximité de Ras-Ibn-Hani), ou il apparaît très menacé (Mayhoub, 1976). Les herbiers sont rares sur le littoral Languedocien, de la Camargue aux Pyrénées (France) et devant le delta du Nil (Aleem, 1955), en raison des mouvements sédimentaires trop importants et de la dessalure.



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

I.2.4. Croissance et développement

Les feuilles de *Posidonia oceanica* sont rubanées et présentent une croissance basale. Suivant la saison, elles peuvent mesurer de quelques centimètres à plus d'un mètre de long. Leur largeur par contre est assez constante durant toute l'année, près de 0,9 cm (Gobert, 2002). Les feuilles sont disposées en faisceau ; les nouvelles feuilles apparaissent au centre et les plus âgées se trouvent donc à l'extérieur du faisceau.

De nouvelles feuilles se forment toute l'année. Elles vivent entre 5 et 8 mois, plus rarement jusqu'à 13 mois. Les feuilles de moins de 5cm de longueur sont appelées « feuilles juvéniles », les feuilles de plus de 5cm sans gaine basale (= pétiole), « feuilles intermédiaires » ; 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).

A leur mort, les feuilles ne se détachent pas en totalité : seul le limbe est caduc, tandis que la gaine basale (pétiole), de quelques centimètres de longueur, reste fixée au rhizome ; il est nommé alors « écaille ». Les écailles (comme les rhizomes) sont peu putrescibles et se conservent donc pendant plusieurs siècles ou millénaires. Toute une série de paramètres des écailles (longueur, épaisseur, anatomie) varie de façon cyclique le long d'un cycle annuel. L'analyse de ces cycles annuels est désignée **lépidochronologie** (Crouzet, 1981 ; Crouzet et al., 1983 ; Pergent et al., 1983 ; Pergent, 1990a).

La lépidochronologie (Fig. 3), 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 ; Pergent et *al.*, 1992 ; Pergent-Martini et Pergent, 1994 ; Pergent- Martini, 1998).

La chute des feuilles, comme leur formation, se produit tout au long de l'année (Pergent et Pergent-Martini, 1991).

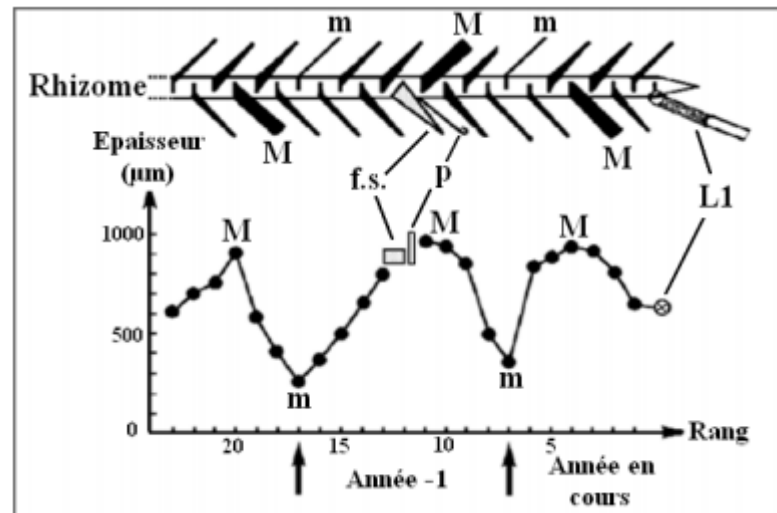


Fig. 3 : La lépidochronologie. En haut : disposition des écailles le long d'un rhizome de *Posidonia oceanica*. En bas : épaisseur des écailles (en μm). M : maximum d'épaisseur. m : minimum d'épaisseur. f.s: restes d'un pédoncule floral. P: prophyllé (= préfeuille) accompagnant le pédoncule floral. L1: feuille vivante la plus âgée (d'après Pergent et *al.*, 1989b).

I.2.5. 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. 4). 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).

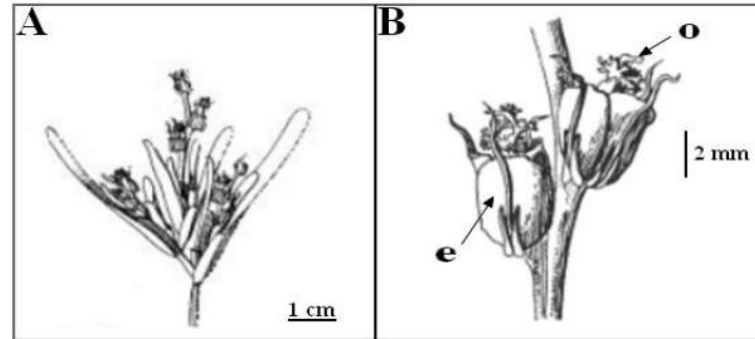


Fig. 4 : Inflorescence de *Posidonia oceanica*

(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. 5). 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).

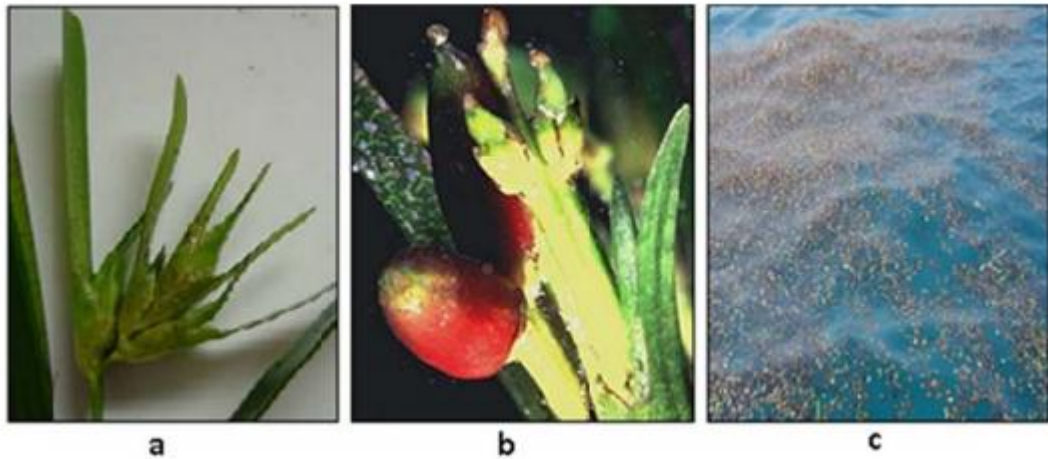


Fig. 5 : Fruits de *Posidonia oceanica* (« olives de mer »). **a :** Début de fructification. **b :** Fruits murs. **c :** Fruits à la surface de l'eau (Lafabrie, 2007).

I.2.6. Écologie

Par temps calme, *Posidonia oceanica* peut se développer très près du niveau moyen de la mer ; ses feuilles s'étalent alors à la surface. La profondeur maximale dépend de la transparence de l'eau (de 15 à 44 m). Dans le Var et en Corse, des touffes isolées de *P. oceanica* ont été observées jusqu'à 48m de profondeur (Augier et Boudouresque, 1979 ; Boudouresque et *al.*, 1990).

Par temps calme, *Posidonia oceanica* craint la dessalure. Elle dépérit immédiatement en dessous de 33‰. Dans la Mer de Marmara dont la salinité faible (max. 27‰), la posidonie n'existe pas. L'espèce semble mieux résister aux salinités élevées, tel que 41‰ qui constitue sa limite supérieure de tolérance (Ben Alaya, 1972). En effet, elle est présente dans des lagunes hypersalines de Tunisie: 46‰ en moyenne en Août (Bahiret El Biban).

Les températures extrêmes mesurées dans un herbier de *P. oceanica* sont 9,0 et 29,2°C (Augier et *al.*, 1980 ; Robert, 1988). Il est possible toutefois que les températures basses (moins de 10°C) et hautes (plus de 28°C) ne soient supportées qu'exceptionnellement (Boudouresque et *al.*, 2006).

Posidonia oceanica craint un hydrodynamisme trop intense. Les tempêtes arrachent des faisceaux de feuilles, dont certains constitueront des boutures. Elles peuvent éroder la matre, soit directement, soit en la vidant de son sédiment, ce qui la fragilise, c'est la raison pour laquelle, en mode battu, l'herbier ne s'approche pas à plus de 1 ou 2 m de la surface (Augier et Boudouresque, 1979).

I.2.7. Rôle et fonctionnement

L'herbier de posidonie est très important pour l'écosystème côtier méditerranéen car il joue de nombreux rôles primordiaux.

I.2.7.1. Rôle dans les équilibres écologiques du système littoral

Les herbiers de *Posidonia oceanica* assurent un rôle écologique de tout premier plan. En effet, ils produisent d'énormes quantités de matière végétale qui constituent la base de nombreuses chaînes trophiques (McRoy et Mc Millan, 1977 ; Mazzella et al., 1992 ; Pergent-Martini et al., 1994 ; Romero, 2004b).

L'herbier de posidonies contribue à 1% de la production primaire nette océanique (Duarte et Chiscano, 1999 ; Templado, 2004). C'est l'un des écosystèmes les plus productifs de la planète. Comme dans la plupart des écosystèmes composés de Magnoliophytes marines, la part de la production primaire consommée directement par les herbivores est très faible (Fig. 6). La majorité de cette production est soit stockée dans la matre ou dégradée par les détritivores au niveau de la litière de l'herbier, soit exportée vers d'autres écosystèmes sous forme de feuilles mortes (Pergent et al., 1994).

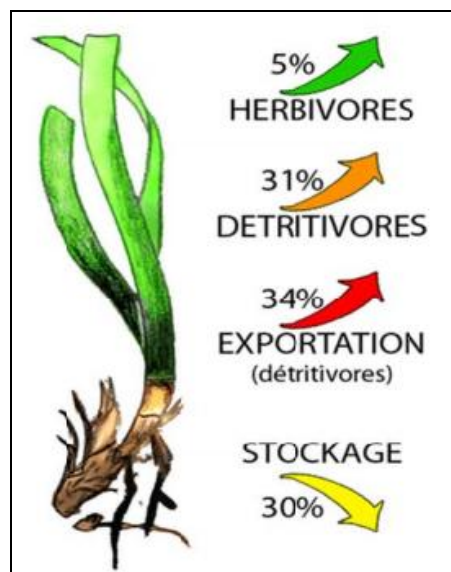


Fig. 6 : Devenir de la production primaire (en pourcentage de carbone) de *Posidonia oceanica*. (Pergent et al., 1997).

Une caractéristique fondamentale de l'écosystème à *Posidonia océanica* est constituée par la juxtaposition de 2 types de production primaire.

- La production primaire issue de *P. océanica*, 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 *P. océanica* est en moyenne de 420gMS/m²/an, et peut atteindre 1300gMS/m²/an ; elle diminue en fonction de la profondeur (Mazzella et Ott, 1984 ; Romero-Martinengo, 1985 ; Pergent et al., 1994 ; Pergent-Martini et al., 1994 ; Pergent et al., 1997).

- La production primaire issue des épiphytes des feuilles, constituées par des Chromobiontes et Rhodobiontes facilement utilisables par les herbivores ; elle est comprise entre 100 et 500gMS/m²/an (Giorgi et Thélin, 1983 ; Mazzella et Ott, 1984). Au total, les herbiers à *P. océanica* constituent l'un des écosystèmes les plus productifs de la planète.

La biomasse végétale est très élevée : jusqu'à 900gMS/m²/an pour les feuilles, jusqu'à 470gMS/m²/an pour les épiphytes des feuilles, jusqu'à 50gMS/m²/an pour les épiphytes des rhizomes et jusqu'à 5500gMS/m²/an pour les rhizomes, les écailles et les racines ; elle diminue avec la profondeur (Thélin et Bedhomme, 1983 ; Pirc, 1983 ; Libes, 1984 ; Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1986 ; Ballesteros, 1987 ; Francour, 1990 ; Mazzella et al., 1992). Cette biomasse végétale est stockée, sur une longue période de temps, dans la « matte ».

La posidonie produit une énorme quantité d'O₂ soit jusqu'à 14 litres par jour et m² d'herbier (Bay, 1978), l'une des conséquences de la photosynthèse des végétaux (Fig. 7).

La dégradation des feuilles mortes de posidonie consomme une partie de cet oxygène (Mateo et Romero, 1996). La production d'oxygène peut-être considérable au niveau des faisceaux foliaires et des végétaux épiphytes associés, notamment à faible profondeur (Alcoverro et al., 1998). De ce fait, les herbiers contribuent significativement à l'oxygénation de l'eau.

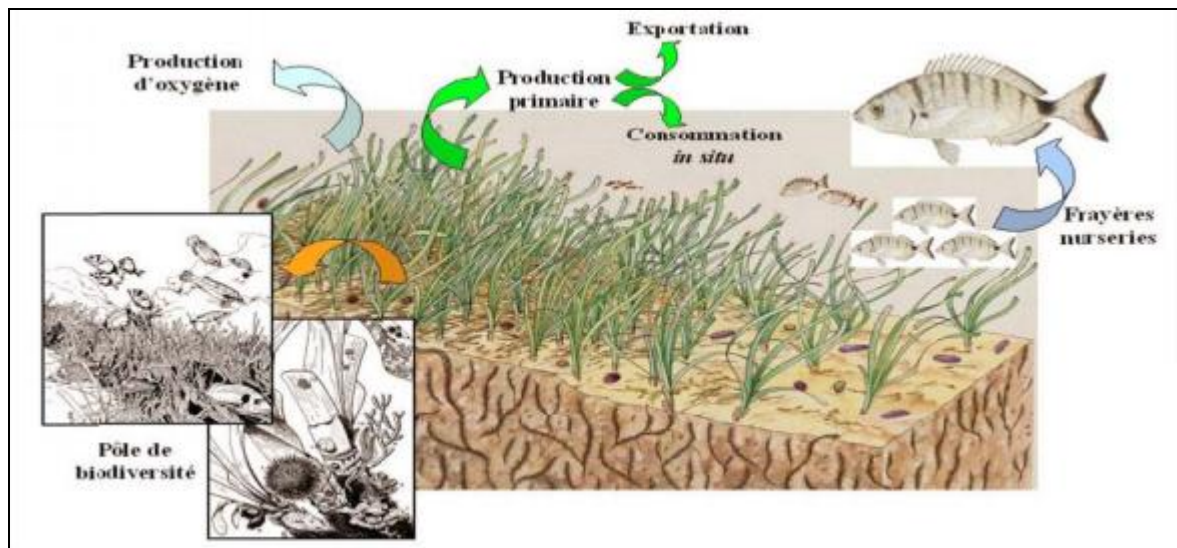


Fig. 7 : Rôle écologique de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Harmelin, 1993).

I.2.7.2. Rôle dans les équilibres physiques du système littoral

Au niveau des fonds littoraux, les herbiers de *Posidonia oceanica* contribuent à l'équilibre sédimentaire (au même titre que la végétation terrestre sur les dunes), ils constituent de véritables barrières végétales qui favorisent la décantation et la sédimentation des particules en suspension dans la colonne d'eau (piégeage des sédiments) (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985 ; Gacia et Duarte, 2001 ; SDAGE, 2003 ; Romero, 2004b). Ce sédiment est ensuite retenu, sous la canopée, entre les rhizomes et les racines pour constituer ainsi une structure unique, la « matre », dans laquelle il représente entre 20 et 60% du volume (Jeudy de Grissac, 1984a). Il faut également noter que la décantation des sédiments et leur immobilisation au sein de la « matre », principalement des particules fines, concourent à l'augmentation de la transparence des eaux littorales (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985). Cet apport de sédiment d'origine allochtone, associé à la sédimentation autochtone (débris d'organismes ayant vécu sur les feuilles et à la base des rhizomes), génère une croissance verticale des rhizomes (et donc de la matre), permettant de lutter contre l'enfouissement (Molinier et Picard, 1952).

La biomasse végétale considérable de l'herbier de *P. oceanica* constitue également une sorte d'écran qui freine et amortit efficacement l'hydrodynamisme (houles, courants) au niveau des fonds. L'hydrodynamisme est réduit de 10 à 75% sous le couvert des feuilles (Jeudy de Grissac, 1984a ; Gambi et al., 1989 ; Gacia et al., 1999), ce qui limite la remise en suspension des sédiments lors des tempêtes (Gacia et al., 1999 ; Terrados et Duarte, 2000 ; Gacia et

Duarte, 2001 ; Duarte, 2004). Plus généralement, la réduction des vagues et des courants protège le littoral de l'érosion et contribue à la stabilisation de la position de la ligne de rivage (Blanc et Jeudy de Grissac, 1978 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985 ; Short et *al.*, 1989 ; Gacia et Duarte, 2001 ; Duarte, 2004).

En automne, l'accumulation des feuilles mortes sur le rivage au gré des courants constitue de véritables banquettes ce qui permettent de protéger les plages de l'érosion, notamment lors des tempêtes hivernales (fig. 15) (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Jeudy de Grissac et Audoly, 1985 ; Chessa et *al.*, 2000 ; SDAGE, 2003).



Fig. 8 : Banquette de feuilles mortes de *Posidonia oceanica* à Stidia
(Photo BOUCHHER, 2014).

I.2.7.3. Rôle économique

Le rôle économique de l'herbier de *Posidonia oceanica* découle, d'une façon générale, de son importance dans les équilibres écologiques et physiques du système littoral évoqués ci-dessus. Il concerne bien évidemment la gestion des ressources vivantes à travers sa forte production biologique, la protection qu'il assure pour les alevins et les jeunes organismes vis à vis des prédateurs (nurseries), mais il constitue également une frayère tout particulièrement recherchée par de nombreuses espèces présentant un intérêt commercial (crustacés, céphalopodes, poissons) (Francour, 1997 ; Romero, 1999 ; Le Direach et Francour, 2001).

Il concerne également le développement du tourisme et des activités balnéaires, à travers le maintien de la qualité des eaux (transparence) à laquelle il contribue et surtout la stabilisation de la ligne de rivage (plages) qu'il assure en la protégeant contre l'érosion (réduction de l'hydrodynamisme, banquettes de feuilles mortes). De façon plus générale, si l'importance des écosystèmes naturels est reconnue par tous, notamment en terme de maintien des

équilibres naturels (rôle écologique), en revanche leur valeur économique globale est plus difficile à évaluer (Costanza et *al.*, 1997 ; Ami et Boudouresque, 2002). Cette évaluation économique doit prendre en compte les bénéfices directs (par exemple pêche et plongée), indirects (services rendus, par exemple protection du littoral contre l'érosion, oxygénation des eaux) et les valeurs d'option (par exemple les usages futurs).

Au-delà des chiffres avancés, il est intéressant de remarquer que les herbiers marins sont, à l'échelle mondiale, l'un des groupes d'écosystèmes dont la valeur économique (19000 US\$ par hectare et par an) est la plus élevée : 10 fois plus que les forêts tropicales et 3 fois plus que les récifs coralliens (Costanza et *al.*, 1997).

I.2.7.4. Rôle de bioindicateur

En Méditerranée, l'herbier de *Posidonia oceanica* constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines (Augier, 1985 ; Pergent, 1991b ; Pergent et *al.*, 1995). Très largement distribué sur tout le littoral, particulièrement sensible à la pollution (Augier et *al.*, 1984a ; Bourcier, 1989) et aux autres agressions liées aux activités humaines (Ardizzone et Pelusi, 1984 ; Meinesz et Laurent, 1978 ; Boudouresque et Meinesz, 1982), 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.

Ainsi, de nombreux paramètres sont à même d'être enregistrés par l'herbier : 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 matre), Taux de sédimentation (matérialisé par la vitesse de croissance des rhizomes et, en cas de déficit, par leur déchaussement), Polluants stables (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 et la composition chimique de la plante).

Outre leur capacité à enregistrer certains paramètres physico-chimiques, les herbiers de *Posidonia oceanica* intègrent également d'autres paramètres susceptibles de les dégrader : aménagement du littoral, pression de mouillage, chalutage, turbidité, modification de l'hydrodynamisme. Cet indicateur globale de la qualité des eaux fonctionne à différents niveaux (Pergent et Kempf, 1993 ; Pergent et Pergent-Martini, 1995).

I.2.8. Causes de la régression des herbiers 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 : Barcelone (Espagne), Marseille, Toulon, Nice-Villefranche-sur-Mer (France), Gênes, Naples, Trieste (Italie), Athènes (Grèce), Alexandrie (Égypte), Gabès (Tunisie), etc. (Pérès et Picard, 1975 ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Pérès, 1984 ; Boudouresque, 1996, 2003 ; Romero, 2004b ; Solis-Weiss et al., 2004).

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).

Il est clair que les activités humaines constituent le principal facteur de régression des herbiers à *Posidonia oceanica*.

I.2.8.1. Aménagements côtiers

La réalisation d'ouvrages tels que les digues, les terre-pleins gagnés sur la mer et les ports constitue une menace importante pour les milieux côtiers, et en particulier pour les herbiers à *Posidonia oceanica*. Aux impacts directs par recouvrement s'ajoutent des impacts indirects (pollution, turbidité, modification des flux sédimentaires...).

Dans la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (France), l'impact direct des aménagements littoraux sur les petits fonds, et donc sur l'habitat potentiel de *Posidonia oceanica*, représente 16% du linéaire de côte et 15% de la surface des fonds de moins de 10 m. En Ligurie, ces pourcentages sont même supérieurs (Regione Liguria, 2000).

En plus des impacts directs, la réalisation des ouvrages côtiers modifie localement les houles et les courants, et par voie de conséquence les processus de transport des sédiments littoraux (Astier, 1984). La construction de tout ouvrage qui avance dans la mer (port, digue perpendiculaire au rivage) détermine un déplacement du courant vers le large, avec hyper sédimentation en amont (dépôt du sédiment en transit) et érosion (déficit en sédiment) en aval (Blanc et Jeudy de Grissac, 1989). Les digues parallèles au rivage modifient également les courants et provoquent la déflexion des houles, ce qui peut déterminer un effet similaire. Outre la modification des courants et des flux sédimentaires, les ports et terre-pleins peuvent générer, lors de leur construction, un nuage turbide. Enfin, les bassins portuaires constituent souvent un site très pollué par les peintures antifouling et les rejets d'eaux usées depuis les bateaux. Cette pollution se répand ensuite au voisinage des ports.

I.2.8.2. Modification des apports par les fleuves

Les fleuves côtiers peuvent avoir un impact sur les herbiers à *Posidonia oceanica* par la dessalure (à laquelle la plante est très sensible), les apports en nutriments et les apports en sédiments. L'augmentation parfois considérable des apports en nutriments de ces fleuves, peut provoquer la prolifération des épiphytes qui a un impact négatif sur *P. oceanica* (Pergent-Martini et al., 1996 ; Pirc et Wollenweber, 1988 ; Ruiz-Fernández, 2000). La construction de barrages le long des cours d'eau a pour conséquence, à l'embouchure, la diminution de leur charge sédimentaire, qui est responsable du déchaussement des rhizomes de *P. oceanica*, ce qui les fragilise (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985).

I.2.8.3. Rejets urbains et les activités anthropiques

Les rejets urbains et d'autres activités anthropiques peuvent accroître la charge des eaux côtières en particules en suspension, en nutriments et en matière organique dissoute ou particulaire. A leur tour, les nutriments et la matière organique provoquent la prolifération des organismes planctoniques. Au total, la transparence de l'eau s'en trouve réduite. La diminution de la transparence de l'eau a un effet direct sur les herbiers à *Posidonia oceanica* tels que la remontée de la limite inférieure des herbiers à *P. oceanica*, diminution du recouvrement et de la densité des faisceaux, puis la mort de l'herbier.

Les rejets anthropiques, outre le fait de modifier de façon importante l'équilibre sédimentaire des eaux côtières, véhiculent une large gamme de contaminants, dont les détergents, les hydrocarbures, les pesticides, les herbicides, les "métaux lourds" et les composants des peintures "anti-fouling", qui réduisent la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica* (Pérès et Picard, 1975 ; Augier et al., 1987). Les détergents (tensio-actifs) s'accumulent dans le sédiment, contaminant les racines, les rhizomes et les feuilles (Pérès et Picard, 1975).

I.2.8.4. Aquaculture côtière

La mise en place de fermes aquacoles dans les eaux côtières s'est accélérée au cours des dernières années. Les études réalisées montrent clairement que les fermes piscicoles, quand elles sont situées à proximité d'un herbier de posidonie, ont un fort impact sur celui-ci : la teneur en matière organique et en azote du sédiment, la teneur en phosphore de l'eau interstitielle et en phosphore total du sédiment augmentent au fur et à mesure que l'on s'approche du site de la ferme piscicole, avec pour conséquence la diminution de la vitalité de l'herbier : diminution de la densité des faisceaux et baisse de la production primaire de la plante (Cancemi et al., 2000).

Il semble que la cause principale de l'impact des fermes piscicoles soit la libération de matière organique, dont l'oxydation induit des conditions anoxiques dans le sédiment situé sous et au voisinage des fermes (Delgado et *al.*, 1999), et la synthèse de composés réduits qui peuvent être toxiques pour *P. oceanica* (Hemminga, 1998). En outre, l'enrichissement des eaux en nutriments peut déterminer un accroissement des épiphytes des feuilles, avec pour conséquence la réduction de la photosynthèse de *P. oceanica* (par limitation de l'accès à la lumière), et l'augmentation du broutage des feuilles par les herbivores (Pergent et *al.*, 1999 ; Ruiz-Fernández, 2000).

Dans la Baie de Hornillo en Espagne, le suivi cartographique a montré que la mise en place d'une ferme piscicole a conduit, en 10 ans, à la destruction de 11ha d'herbier et à la dégradation de 10 autres hectares (Ruiz-Frenández, 2000 ; Ruiz et *al.*, 2001).

I.2.8.5. Dumping

Le dumping est le rejet au large de matériaux meubles ou solides, en particulier de produits de dragage. Son impact négatif sur l'herbier à *Posidonia oceanica* est directe (ensevelissement, envasement) ou indirecte (remise en suspension des particules fines et accroissement de la turbidité). Elle a été mise en évidence en particulier en Ligurie (Italie ; Peirano et Bianchi, 1995) et en Corse, dans le golfe de Porti-Vechju (Pasqualini et *al.*, 1999).

Les autorisations de dumping précisent normalement des points de rejet éloignés de la côte et qui ne présentent pas d'herbiers de posidonie. Toutefois, il a été souvent constaté que des entreprises de travaux publics chargées de ces rejets, en l'absence d'une surveillance active de la part des autorités, raccourcissent, parfois considérablement, la distance de rejet.

Des rejets de blocs rocheux ou de produits de dragage ont ainsi été entrepris directement sur l'herbier à *P. oceanica*.

I.2.8.6. Compétition avec les espèces 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 de 2 Chlorobiontes (Plantae), *Caulerpa taxifolia* et *C. racemosa* var. *cylindracea*.

Caulerpa taxifolia est originaire d'Australie et a été accidentellement introduite en Méditerranée Nord-Occidentale en 1984 (Meinesz et Hesse, 1991). Son expansion géographique a été relativement rapide et, à la fin 2000, elle était présente dans 103 stations, réparties dans 6 pays (Croatie, Espagne, France, Italie, Monaco, Tunisie) et colonisait au total

131 km² (Meinesz et al., 2001a). *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).

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

Caulerpa racemosa var. *cylindracea* est également une Chlorobionte, introduite en Méditerranée vers 1990, en provenance du Sud-Ouest de l’Australie (Verlaque et al., 2000 ; Durand et al., 2002 ; Verlaque et al., 2003). Son expansion a été extraordinairement rapide, puisqu’elle est aujourd’hui présente dans la plus grande partie de la Méditerranée et même aux îles Canaries (Verlaque et al., 2004, Piazzini et al., 2005). Quand *C. racemosa* colonise des fonds limitrophes de l’herbier à *Posidonia oceanica*, sa croissance en hauteur est fonction de la densité des faisceaux de *P. oceanica* et de l’orientation de l’herbier (Ceccherelli et al., 2000).

I.3. Biocénoses épiphytes

Les herbiers de phanérogames marines constituent des écosystèmes où de nombreux groupes d’êtres vivants occupent des niches écologiques fort diversifiées (Harlin, 1980 ; Borowitzka et Lethbridge, 1989). *Posidonia oceanica* (L.) Delile représente un excellent substrat pour la colonisation par une faune sessile et une flore formant la communauté épiphyte (fig. 9). Harlin (1980) définit les épiphytes comme des organismes qui se développent et vivent sur une plante et ce, qu’il existe ou pas de relations d’ordre nutritionnel les unissant. Les feuilles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, la principale phanérogame marine méditerranéenne, offrent un bon support pour de tels organismes en raison, notamment, de la qualité du substrat (régulier et en régénération constante) et de sa position dans la colonne d’eau. Les épiphytes forment plusieurs « strates » sur les feuilles. On peut tout d’abord considérer le « feutre épiphyte », constitué par des bactéries, des cyanophycées et des diatomées (Pérez et Picard, 1964).

Ces épiphytes participent activement à la production primaire totale de l'écosystème de l'herbier (27, 5 %) et représentent une partie très importante de la biomasse totale des feuilles de *P. oceanica* 20 à 40 % (Gobert et al., 1995 ; Mazzella et al., 1995 ; Lepoint et al., 1999). Cette biomasse varie selon la période de l'année, l'âge de la feuille et le segment de feuille considéré (on observe plus d'épiphytes sur les parties les plus âgées), la face de la feuille (nombre plus important sur la face interne) et la profondeur (Novak, 1984 ; Cinelli et al., 1995 ; Mazzella et al., 1995 ; Alcovero et al., 1997 ; Lepoint et al., 1999 ; Alcovero et al., 2004). Cette importance de la couverture épiphyte 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).

Les épiphytes jouent également un rôle essentiel dans les transferts d'énergie de l'herbier vers les niveaux trophiques supérieurs. En effet, il semblerait que peu d'animaux se nourrissent directement des tissus de la posidonie et qu'ils leurs préfèrent les divers organismes épiphytes, principalement les algues (Bell et al., 1984 ; van Montfrans et al., 1984 ; Mazzella et Russo, 1989 ; Cinelli et al., 1995 ; Mazzella et al., 1995 ; Lepoint et al., 2000 ; Vizzini et al., 2002).

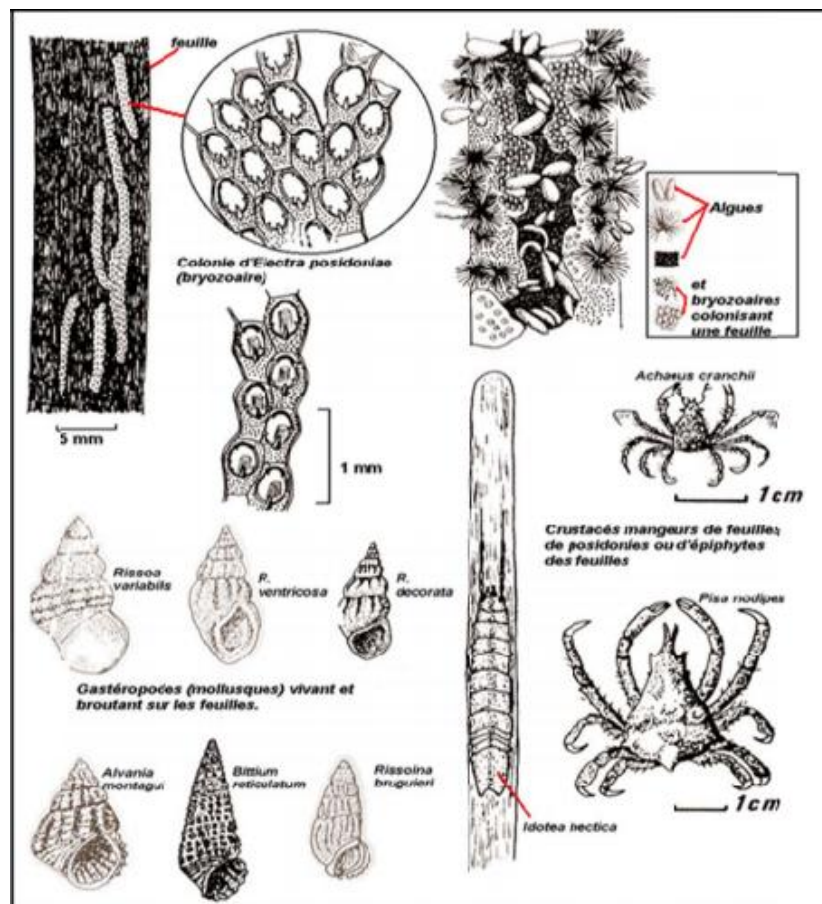


Fig. 9 : Quelques exemples d'épiphytes (Boudouresque et Meinesz, 1982).

Cette grande consommation par les herbivores est responsable d'une certaine variabilité entre les biomasses épiphytiques de différentes régions d'herbiers (Alcoverro et *al.*, 1997) et peut aussi jouer un rôle de régulation lorsque la communauté épiphyte se développe de manière exubérante dans le cas d'une eutrophisation par exemple (Heck et *al.*, 2003).

Un grand nombre d'organismes différents appartient à la communauté épiphyte des feuilles de posidonies. En effet, la feuille qui commence à croître est très rapidement colonisée par différents types de bactéries, puis, un peu plus tard, par des diatomées. Cet ensemble bactérie/diatomée, que l'on appelle parfois feutrage épiphytique (fig. 10), peut coloniser 20 à 60 % de la feuille (Dauby et Poulicek, 1995), et fournira le substrat de base pour d'autres organismes de la faune et de la flore épiphytes tels les algues, les foraminifères, les bryozoaires, les hydrozoaires, les tuniciers ou encore différents types d'annélides polychètes (Crisp et Ryland, 1960 ; Kerneis, 1960 ; Novak, 1984 ; Chimenz et *al.*, 1989 ; Keough et Raimondi, 1995 ; Wieczorek et Todd, 1997 ; Keough, 1998).

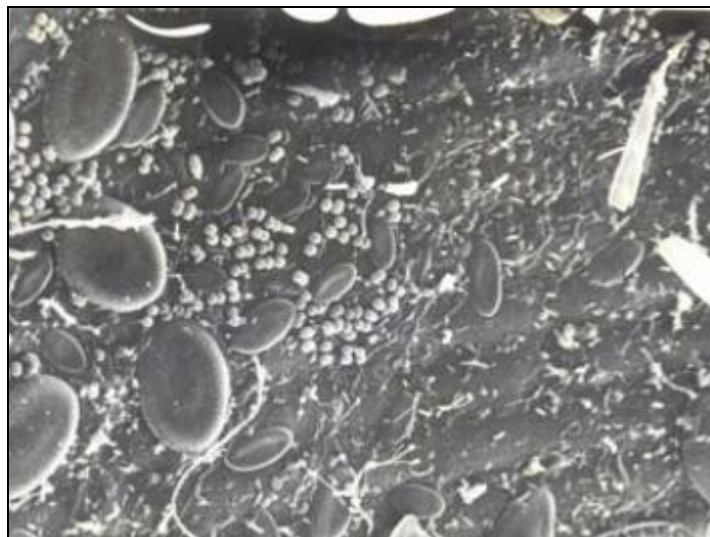


Fig. 10 : Biofilm présent sur des feuilles de posidonies où on peut reconnaître divers types de bactéries et de diatomées (Dauby et Poulicek, 1995).

Les espèces dites vagiles sont représentées fréquemment par des mollusques, des polychètes, des tanaïdes, des isopodes, des amphipodes, des décapodes, des acariens ou encore des copépodes. En fait, la complexité de l'habitat formé par les feuilles de posidonie et ses épiphytes fixés fournit des avantages considérables pour cette faune vagile, comme une grande disponibilité des nutriments (microépiphytes, matière organique particulière) et une considérable disponibilité de refuges (Bell et *al.*, 1984 ; Chimenz et *al.*, 1989 ; Mazzella et Russo, 1989 ; Connolly et Butler, 1996 ; Scipione et *al.*, 1996).

I.3.1. Bactéries

Les bactéries sont les premiers organismes qui s'installent sur les objets immergés et donc aussi sur les feuilles de posidonie qui commencent à croître (Gu et *al.*, 1996 ; Tornblom et Sondergaard, 1999). Ces bactéries forment un film, pouvant être constitué de plusieurs couches, de première importance pour l'installation des organismes sessiles en milieu marin (Fig. 11). En effet, elles entraînent, avec d'autres organismes arrivant un peu plus tard comme les diatomées, la création d'un biofilm qui modifie les propriétés physiques, chimiques et biologiques des feuilles (Keough, 1998).

Sur les feuilles de posidonie, la majorité des bactéries épiphytes est localisée au niveau des feuilles les plus âgées et à la base de toutes les feuilles (partie la plus jeune de la plante), où elles représentent la partie la plus importante des organismes fixés (Novak, 1984 ; Mazzella et Russo, 1989 ; Mazzella et *al.*, 1995).

Les bactéries participent aussi activement aux chaînes trophiques liées à l'herbier et constituent une source de nourriture importante pour certains organismes vivant sur les feuilles de *P. oceanica*, comme *Gibbula ardens* (Mazzella et Russo, 1989). De plus, elles entrent en compétition spatiale avec les diatomées et les macro-algues, à la suite de quoi, les maxima de densité ne peuvent être observés que pour les feuilles âgées de 7 à 10 semaines. Cependant, les bactéries continuent à se développer sur les macro-épiphytes qui se sont installés sur les feuilles de posidonies (Novak, 1984).

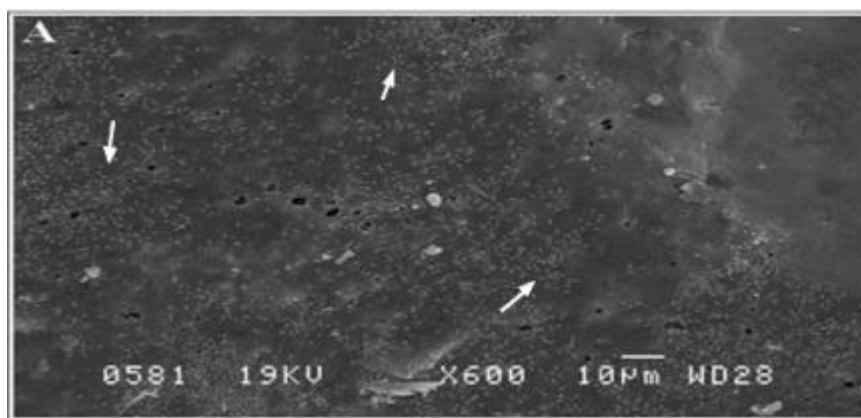


Fig. 11 : Biofilm bactérien constitué de bactéries du genre *Bacillus* (flèches), sur une feuille de posidonie prise au microscope à transmission électronique (Gr : x600) (d'après Pête, 2005).

I.3.2. Diatomées

Les diatomées sont de petits eucaryotes unicellulaires faisant partie de la lignée brune où elles sont classées parmi les Straménopliles (comme les Phéophycées ou algues brunes) dans le groupe des Bacillariophycées (Lecointre et Le Guyader, 2001). Elles sont caractérisées principalement par leur paroi en deux parties (thèques), qui s'emboîtent comme une boîte de Petri, appelée frustule. Celle-ci est constituée de silice cristallisée ($\text{Si}(\text{OH})_4$) présentant une ornementation très fine (Fig. 12).

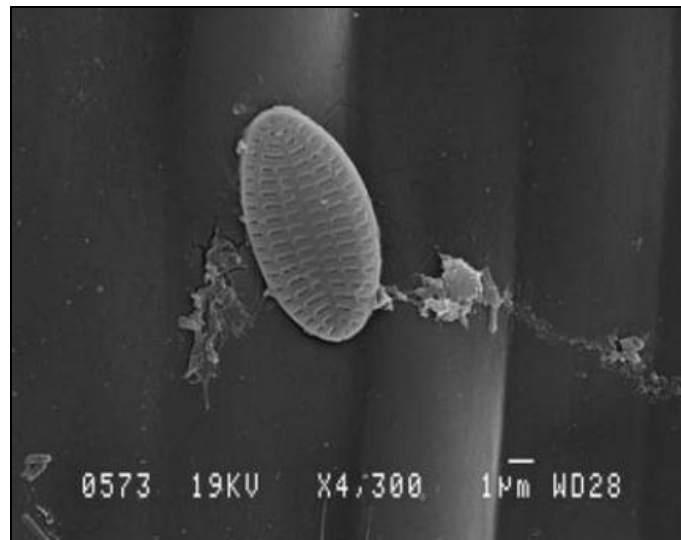


Fig. 12 : Diatomée du genre *Cocconeis* sur une feuille de *Posidonia oceanica* prise au microscope à transmission électronique (Gr : x4300) (d'après Pête, 2005).

Comme les bactéries, les diatomées font également partie des premiers organismes à coloniser les objets ou organismes immergés en mer et participent à la formation du biofilm intervenant dans l'installation de certaines larves d'invertébrés (Novak, 1984 ; Hader et *al.*, 2002 ; Dahms et *al.*, 2004). Ce biofilm joue aussi un rôle important pour les posidonies vis-à-vis des UV-B (rayonnements ultra-violets B).

Parmi les diatomées, les représentantes des ordres des Naviculales et des Mastogloiales constituent la majorité des espèces présentes sur les feuilles de *P. oceanica*, alors que l'ordre des Achnanthales comprend les espèces qui y sont les plus abondantes. Les espèces du genre *Cocconeis* (famille des Cocconeidaceae) qui dominent les communautés de diatomées de la strate foliaire et peuvent aller jusqu'à former des couches monospécifiques font partie de cet ordre (Novak, 1984 ; Mazzella et Russo, 1989 ; De Stefano et *al.*, 2000).

Comme pour les bactéries, on observe une zonation dans l'abondance des diatomées au niveau des feuilles de posidonie. En effet, elles sont plus abondantes sur les feuilles matures et au niveau des extrémités, alors que leur concentration est faible au niveau des segments les plus jeunes, contrairement aux bactéries. De plus, leur densité augmente en fonction du temps d'exposition de la feuille à l'eau de la mer. Des relations de compétition existent aussi (spatiales, pour la lumière) avec les bactéries d'une part, et avec les autres organismes épiphytes d'autre part.

En effet, la densité des diatomées augmente assez rapidement et elles entrent en compétition avec les bactéries, jusqu'à limiter leur progression après 7 à 10 semaines et devenir dominantes au niveau des zones plus âgées de la feuille (Novak, 1984 ; Mazzella et Russo, 1989 ; Dauby et Poulícek, 1995).

Les diatomées semblent également s'accumuler préférentiellement à proximité des bords des algues encroûtantes, probablement parce qu'elles y trouvent des conditions hydrodynamiques leur convenant particulièrement bien, c'est-à-dire la création de micro-courants au niveau de la surface des macro-épiphytes et la protection contre les perturbations mécaniques (Novak, 1984 ; Mazzella et Russo, 1989).

Evidemment, les diatomées constituent également une source de nourriture pour divers organismes vivant dans l'herbier de posidonie (Howard, 1982 ; Novak, 1984 ; Van Montfrans et *al.*, 1984 ; Mazzella et Russo, 1989 ; Ribes et del Pilar Gracia, 2000).

I.3.3. Macro-algues épiphytes

La communauté épiphyte des zones les moins profondes des herbiers de posidonie est dominée par les algues, contribuant à 40% de la biomasse totale de la plante et à 27% de la production primaire de l'écosystème herbier, dans certaines régions (Mazzella et *al.*, 1995 ; Lepoint et *al.*, 1999). Ces algues se situent évidemment surtout au niveau de la zone apicale des feuilles car elle est la plus exposée à la lumière et la moins touchée par les effets de la sédimentation. De plus, cette zone se déplace plus dans le courant, ce qui est un avantage non négligeable pour l'absorption des nutriments nécessaires à leur croissance (Mazzella et *al.*, 1995 ; Trautman et Borowitzka, 1999).

Par leur position, les macro-algues jouent, aussi, un rôle de protection de la plante vis-à-vis des UV-B, ce qui permet à la plante de se développer dans des zones superficielles, sans problème (van Montfrans, 1984 ; Nelson et Waaland, 1997).

En fait, la localisation de ces algues sur la feuille présente une certaine zonation. La partie basale de la feuille est faiblement colonisée alors que la partie centrale est majoritairement colonisée par des algues brunes encroûtantes et des algues rouges seules ; ces mêmes algues existent en associations avec d'autres au niveau de la zone apicale (Mazzella et al., 1995).

La quantité de macro-algues épiphytes présente sur les feuilles varie également en fonction de la profondeur, elle atteint son maximum à 10m de profondeur, (Lepoint et al., 1999), de la saison et de la concentration en nutriments (Heck et al., 2003) ainsi que de la quantité de lumière disponible pour les feuilles (Lepoint et al., 1999). Il faut également signaler que ces algues, au moins au niveau des régions les moins âgées, sont plus abondantes au niveau des bords de la feuille (Trautman et Borowitzka, 1999).

Les principales macro-algues que l'on rencontre sur les feuilles de posidonies sont des corallinacées (algues rouges) encroûtantes telles les Mélobésiées, ainsi que l'algue brune encroûtante *Ascocyclus orbicularis*. Le taux de couverture de ces algues augmente avec la distance par rapport à la ligule ; elles forment une sorte de tapis sur lequel d'autres algues épiphytes (algues dressées) pourront se développer (Mazzella et Russo, 1989 ; Mazzella et al., 1995 ; Jacquemart, 2003).

Les feuilles de posidonie constituent également un habitat privilégié pour certaines algues photophiles, évoluant principalement dans les zones situées entre 0 et 10 m de profondeur, telles que les algues brunes dressées *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 ; Lepoint et al., 1999 ; Piazzini et al., 2000 ; Procaccini et al., 2003 ; Jacquemart, 2003). Ces algues entrent en compétition avec les diatomées et les bactéries (Novak, 1984) et sont soumises à une forte pression de broutage par les herbivores associés à l'herbier.

En plus de son rôle dans les chaînes trophiques, la flore épiphyte présente un autre intérêt pour les organismes associés à l'herbier de posidonie car elles augmentent l'espace habitable par la faune et piègent les particules qui pourront servir à la nutrition de certains de ces organismes (Bell et al., 1984).

I.3.4. Faune épiphyte

Il est à signaler qu'une part non négligeable des épiphytes sont des animaux sessiles. Il s'agit d'animaux filtreurs, d'ascidies, d'hydrozoaires, de bryozoaires, de foraminifères et de polychètes (Kerneis, 1960 ; Novak, 1984 ; Chimenz et *al.*, 1989 ; Aladro-Lubel et Martínez-Murillo, 1999). Les hydrozoaires et les bryozoaires sont d'ailleurs les groupes dominants de l'épifaune des feuilles de posidonie (Chimenz et *al.*, 1989).

Comme pour les organismes épiphytes cités précédemment, une variation saisonnière marquée est notée en ce qui concerne les différentes espèces de la communauté animale épiphyte ainsi que des variations bathymétriques dans la composition de cette communauté (Chimenz et *al.*, 1989 ; Balancier, 2004). 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.*, 1999).

Parmi les polychètes présents à la surface des feuilles de posidonie, on trouve principalement des polychètes tubicoles comme les organismes appartenant aux genres *Spirorbis* et *Pomatoceros*. On trouve également des annélides polychètes errants mais formant des tubes muqueux sur les feuilles, *Spermosyllis terrulosa* et *Leptonereis glauca* (Kerneis, 1960).

Chez les hydrozoaires, quant à eux, on trouve certaines espèces typiquement inféodées aux feuilles de posidonie comme *Plumularia obliqua* (anciennement *Monotheca posidoniae*), *Sertularia perpusilla*, *Aglaophenia harpago*, *Campanularia asymetrica*, *Cordylophora pusilla* ainsi que *Laomedea angulata* (Kerneis, 1960 ; Boero, 1981). Leurs périodes d'abondances maximale et minimale ont lieu en mars et en août, respectivement. La période de l'année joue alors un rôle important pour ces animaux (Boero, 1981 ; Roca et *al.*, 1991). De plus, le film microbien joue, également, un rôle important pour l'installation des larves (Orlov, 1996).

I.3.4.1. Bryozoaires

Les bryozoaires sont des organismes coloniaux faisant partie des Lophophorates et leur caractéristique principale est la présence d'un lophophore. Ils vivent fixés et peuvent apparaître sur n'importe quel type de substrat. Ce sont des organismes épiphytes à part entière, qui se nourrissent en filtrant (Meglitsch et Schram, 1991 ; Lecointre et Le Guyader, 2001).

Chaque individu qui appartient à une colonie de bryzoaire est appelé zoïde et lorsqu'une colonie s'installe sur un substrat, le premier zoïde qui apparaît est appelé ancestrula. Il s'agit en fait du fondateur de la colonie et il présente une morphologie distincte des autres membres de celle-ci. Ce n'est qu'à partir de cet organisme que la colonie pourra d'étendre.

Parmi les Stenolaemata, on ne retiendra que les Cyclostoma dont les représentants principaux sur les feuilles de posidonies sont *Lichenopora radiata*, *Disporella hispida* et *Tubulipora flabellaris* (Kerneis, 1960 ; Zabala et Maluquer, 1988 ; Meglitsch et Schram, 1991).

Les Gymnolaemata présentent deux ordres : les Cténostomata (exosquelette non calcifié, plutôt membranaire ou chitineux, dont l'orifice ne porte pas d'opercule) et les Cheilostomata (exosquelette formant une sorte de "boîte" autour de chaque individu (Zabala et Maluquer, 1988 ; Meglitsch et Schram, 1991).

Les Cheilostomata comptent trois sous-ordres : les Anasca (face frontale formée d'une paroi membraneuse non calcifiée), les Ascophora (face frontale calcifiée mais présentant un orifice appelé ascus, utilisé dans le mécanisme d'évagination et de rétraction du lophophore) et enfin les Cribrimorpha (forme caractéristique de l'exosquelette, provenant de la fusion complète ou non de plaques calcaires appelées costules (Zabala et Maluquer, 1988).

Sur les feuilles de posidonies, la majorité des bryzoaires sont des *Cheilostomata Ascophora* (comme *Chorizopora brognartii*), bien qu'une des espèces les plus abondantes soit le *Cheilostomata Anasca* et *Electra posidoniae* (Fig. 13), espèce, comme son nom l'indique, inféodée aux feuilles de posidonies (Kerneis, 1960 ; Matricardi et al., 1991 ; Procaccini et al., 2003). Les autres Cheilostomata fréquemment observés sont *Microporella johanna*, *Fenestulina malusii*, *Scupocellaria scrupea* et *Aetea sp.* (Kerneis, 1960 ; Balduzzi, 1991).

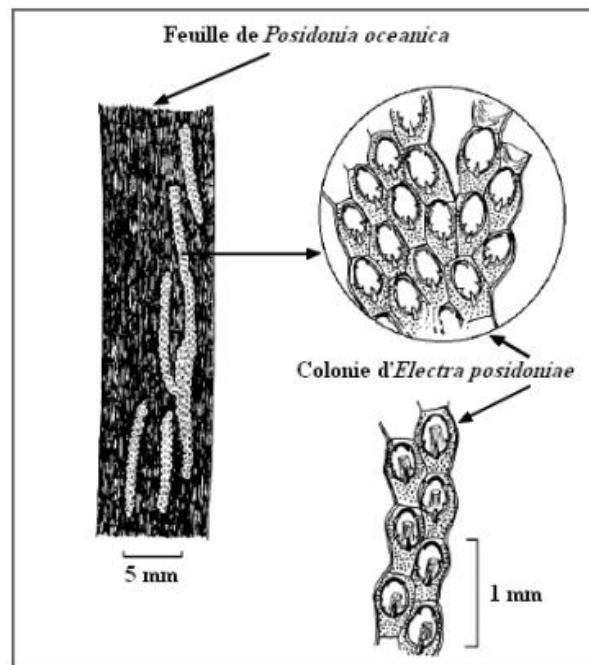


Fig. 13 : Colonie du Bryozoaire épiphyte *Electra posidoniae*, sur une feuille de *Posidonia oceanica* (d'après Boudouresque et Meinesz, 1982).

I.3.4.2. Foraminifères

Les foraminifères sont des organismes unicellulaires possédant un ou plusieurs noyaux et sont souvent inclus dans un test calcifié. Les parties du corps de l'animal les plus visibles sont les pseudopodes et filaments protoplasmiques qui peuvent s'étendre sur des distances beaucoup plus longues que l'animal et qui sont impliqués dans la locomotion et la prise de nourriture (Murray, 1979 ; Lecointre et Le Guyader, 2001).

Sur les feuilles de *P. oceanica*, les foraminifères se développent assez rapidement (moins de trois mois pour que la communauté soit parfaitement établie) et font partie des premiers colonisateurs (Trautman et Borowitzka, 1999). Des représentants de trois sous-ordres de foraminifères sont à évoquer : les Miliolina, les Rotaliina et les Textulariina. Au sein de ceux-ci, les familles les plus abondantes sont les familles des Miliolidae, au sein desquels on trouve les genres *Quinqueloculina* (genre qui comprend un grand nombre d'espèces) et *Miliolinella*, *Cibicides*, qui comprennent les genres *Cibicides*, les Discorbidae, avec le genre *Rosalina*, les Planorbulidae et le genre *Planorbulina* ainsi que la famille des Elphidiidae comprenant le genre *Elphidium* (Blanc-Vernet, 1984 ; Ribes et Gracia, 1991). En fait, la biocénose de foraminifères des herbiers est caractérisée par une dominance des espèces à test épais, calcaire et perforé, mieux résistantes aux mouvements de l'eau. Il faut également souligner que les formes à test agglutiné représentent un faible pourcentage des individus rencontrés (Ribes et Gracia, 1991 ; Ribes et al., 2000).

Parmi les morphotypes les plus fréquents, apparaissent les types trochospiralés : Cibicides, Rosalina et Elphidium, suivit des types fusiformes comme les *Quinqueloculina* par exemple (Ribes et *al.*, 2000).

On trouve également d'autres familles sur les feuilles de posidonie. Celles-ci sont moins abondantes et comprennent des espèces plus typiques du sédiment comme les Rotaliidae (genre *Ammonia*) par exemple (Ribes et Gracia, 1991).

Au niveau de l'herbier, l'abondance des espèces augmente avec la profondeur et ce jusqu' à 15m (Blanc-Vernet, 1984).

I.4. Caractéristiques de la Méditerranée

La Mer Méditerranée est un bassin fermé relié à l'Océan atlantique par le détroit de Gibraltar (Fig. 14). Elle couvre une superficie d'environ 2,5 millions de Km² et s'étend d'Est en Ouest sur approximativement 3800 Km. La distance Nord-Sud maximale se trouve entre la France et l'Algérie ; elle est d'environ 900 Km (Omar, 2013).

Le détroit de Gibraltar est un seuil large de 14 km et profond de 300 m. la Méditerranée est aussi reliée à la mer Noire par le détroit des Dardanelles dont la largeur maximale n'est que de 7 km avec une profondeur moyenne de 55 m. La liaison avec la mer rouge se fait par le canal de Suez (Omar, 2013).

La Méditerranée est divisée en deux bassins principaux, occidental et oriental, séparés par le canal de Sicile d'environ 150 km de large avec une profondeur maximale de 400 m. La mer Adriatique peut être également considérée comme une zone séparée située au Nord du détroit d'Otrante (Fredj et Menardi., 2001).

Cette mer présente une circulation profonde déficiente et a jusqu'à sa plus grande profondeur, une température qui est voisine de celle de l'Océan Atlantique au détroit de Gibraltar. Ainsi, les eaux de la Méditerranée présentent une température d'environ 13 °C depuis -350 m au seuil de Gibraltar, jusqu'à ses plus grandes profondeurs. La Méditerranée est considérée comme une mer tempérée chaude. A partir de -50 m et durant toute l'année la température est de 13 °C pour une salinité moyenne de 38 ‰ (Chahrouh, 2013).



Fig. 14 : La région méditerranéenne et ces deux bassins (occidental et oriental) (Google Earth, 2014).

Le courant général va de l'Ouest vers l'Est, entre en surface par le détroit de Gibraltar, suit les côtes algériennes, continue le long de la côte nord de la Sicile et remonte vers le Nord-Ouest en suivant les côtes italiennes. Il est dirigé vers l'Ouest dans le Golfe de Gênes et sur les côtes de Provence et vers le Sud-Ouest sur les côtes d'Espagne formant ainsi dans le bassin occidental un circuit complet en sens inverse des aiguilles d'une montre. Entre la Sicile et la Tunisie, existe un courant quasi-permanent dirigé vers l'Est, ce courant suit les côtes de Libye et d'Égypte pour arriver à Port-Said (Chahrour, 2013). Il remonte les côtes de Palestine et de Syrie vers le Nord Ouest et le Nord. Il se dirige vers l'Ouest au niveau des côtes d'Asie Mineure, où il est influencé par les vents. En mer Égée il remonte vers le Nord, mais à cause du courant des Dardanelles (3-4 nœuds), très puissant, s'écoulant de la Mer Noire, le courant général redescend vers le Sud au milieu de la Mer Égée et le long des côtes grecques. Au Cap Matapan, il porte à l'Ouest et remonte la mer Ionienne en contournant la Grèce.

Un autre courant suit vers le Sud les côtes de Sicile et termine ainsi le circuit du bassin oriental (Chahrour, 2013).

Les peuplements benthiques sont définis par une zonation verticale dont l'unité de base est l'étage. C'est l'espace vertical du domaine benthique marin où les conditions écologiques, fonctions de la situation par rapport au niveau de la mer, sont sensiblement constantes ou varient régulièrement entre deux niveaux critiques marquant, les limites sont révélées par un changement de ces peuplements au voisinage des niveaux critiques, marquant les conditions limites des étages concernés (Chahrour, 2013).

En Méditerranée on rencontre successivement :

- l'**étage supralittoral**, zone d'humectation par les embruns, l'immersion y est exceptionnelle,
- l'**étage médiolittoral**, ou zone d'humectation par les vagues et les marées, divisé en sous étages supérieur seulement mouillé par les vagues et inférieur, immergé lorsque les eaux sont hautes, sinon seulement mouillé par les vagues, lorsque les eaux sont basses,
- l'**étage infralittoral**, ou zone constamment immergée, dont la limite inférieure est la profondeur encore compatible avec la vie des Magnoliophytes et des algues photophiles (de -20 à -45 m),
- l'**étage circalittoral**, s'étend jusqu'à la profondeur extrême compatible avec la vie d'algues pluricellulaires sciaphiles (-45 à -120 m),

Les étages inférieurs bathyal, abyssal et hadal sont absents en Méditerranée (Chahrour, 2013).

I.4.1. Littoral algérien

L'Algérie dispose d'un littoral d'environ de 1550 km, de la frontière algéro-marocaine à l'Ouest à la frontière algéro-tunisienne à l'Est (Fig. 15). Ce littoral est caractérisé par un plateau continental réduit à l'exception de la région de Ghazaouet (wilaya de Tlemcen) à l'extrême Ouest et la région d'El Kala (wilaya d'El Tarf) à l'extrême Est (Omar, 2013).



Fig. 15 : Littoral algérien (Google-Map, 2007).

I.4.2. Circulation des eaux le long des côtes algériennes

Le flux d'eau d'origine atlantique venant du détroit de Gibraltar vient rejoindre les côtes algériennes aux environs d'Oran (ouest algérien) vers 0° d'où la grande influence du courant Atlantique sur la côte oranaise. Ce courant turbulent prend la dénomination de courant algérien à cause de son caractère spécifique d'écoulement le long des côtes algériennes (Milot, 1985 *In* Omar, 2013).

La côte algérienne est caractérisée par deux couches d'eaux superposées, l'eau atlantique modifiée et l'eau méditerranéenne. En effet, l'eau atlantique pénètre dans la mer d'Alboran où ses caractéristiques initiales commencent à s'altérer, donnant ainsi naissance à l'eau atlantique modifiée (Benzohra, 1993 *In* Omar, 2013).

Le long des côtes algériennes, l'eau atlantique modifiée décrit un écoulement plus ou moins stable avant de se diviser en deux branches. Dans le bassin algérien, l'eau atlantique modifiée pénétrerait (Milot, 1987 et Benzohra, 1993 *In* Omar, 2013) sous forme d'une veine de courant étroite qui donne naissance à des méandres et tourbillons côtiers associés à des *upwellings* (Taupier et Milot., 1988 *In* Omar, 2013). Ces derniers favoriseraient une forte productivité biologique et par conséquent, augmentation des capacités trophiques du milieu.

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

II.1. Objectifs de l'étude

Le but du présent travail est de déterminer la relation qui existe entre la biomasse des épiphytes des feuilles de l'herbier à *Posidonia oceanica* et le taux de la matière organique contenu dans le substrat de cette plante (corrélation positive, négative ou nulle). Les échantillons de posidonie et de sédiment ont été prélevés dans trois sites différents de la côte Mostaganémoise : les plages de Stidia, Salamandre et Petit-Port, avec en moyenne huit stations pour chaque site.

Les paramètres phénologiques de l'herbier à *Posidonia oceanica* à savoir le nombre des feuilles par faisceau, la longueur et la largeur moyenne des feuilles, la surface foliaire moyenne des feuilles et le coefficient «A» des feuilles. Tous ces paramètres ont été déterminés pour les feuilles globales, adultes et intermédiaires.

L'étude du sédiment constituant le substrat de l'herbier se base sur la granulométrie et la détermination du taux de matière organique. L'identification des principales espèces épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* a été réalisée afin de déterminer si, selon les sites, certaines espèces contribueraient plus à la production de matière organique que d'autre.

II.2. Présentation de la zone d'étude et choix des sites

Cette étude a été réalisée au niveau de trois plages différentes de la frange côtière Mostaganémoise ; Stidia, Salamandre et Petit Port (Fig. 16). Ces trois plages ont été choisies pour deux raisons: a) le différent degré de biodiversité qui est différent d'un site à un autre et b) leur différent niveau d'exposition aux différentes sources de pollution.



Fig. 16 : Carte de la cote de Mostaganem avec les trois sites de notre échantillonnage (Google map, 2014 ; modifiée).

II.2.1. Plage de Stidia (35° 49' Nord / 0° 01' Ouest)

La plage de Stidia est située à 20 Km au Sud-Ouest de la ville de Mostaganem. Les quelques chalets et habitations précaires se trouvent le long de la décente vers la plage. Les petites embarcations de pêche sont amarrées dans un petit abri naturel rocheux situé à proximité de la plage. Avec environ 10 m de large et 450 m de long, la plage de Stidia est le plus petit des trois sites d'étude. À une distance de 60 m du trait de côte et entre les lignes bathymétriques 2 m et 3m se trouve un récif naturel de 150m de long ; par Mer calme, sa partie supérieure émerge. La majorité des échantillons a été prélevée dans les eaux externes du récif entre 3 et 5m de profondeur. Le fond marin de Stidia est principalement constitué par une alternance de substrat rocheux, d'éboulis et de substrat sableux. L'herbier de posidonie se développe jusqu'à 7m de profondeur ; à partir de là c'est le fond meuble nu qui s'installe. La plongée sous-marine en apnée ayant été limitée à 7m de profondeur, la présence et la limite inférieure de l'herbier restent inconnues. Le prélèvement de la posidonie fût avec difficulté. À cause de la dureté du substrat sur lequel vit l'herbier, les prélèvements de sédiment furent laborieux (environ 1 heure de plongée pour chaque prélèvement). L'échantillonnage a été entrepris dans 8 stations différentes.

Les observations sous-marines témoignent d'une importante diversité biologique et les études précédentes (Belbachir, 2012 ; Belkhamssa, 2011) démontrent que Stidia jouit d'une grande biodiversité marine. De ce fait, Stidia a été choisi comme site de référence pour la présente étude.

II.2.2. Salamandre (35° 55' Nord / 0° 03' Est)

La frange côtière de Salamandre est sans doute la plus touchée par l'urbanisation en première ligne. Durant les deux dernières décennies, de nombreux bâtiments ont été édifiés à seulement quelques mètres du trait de côte et un nouveau port de pêche et de plaisance fût également construit. En dépit de la forte densité de population, la zone ne dispose d'aucune station d'épuration des eaux usées ; ces dernières sont rejetées directement en mer. De ce fait et par rapport à la plage de Stidia, ici l'eau de Mer est beaucoup plus turbide. Les quelques touffes isolées de *Posidonia oceanica* ont été difficilement localisables en immersion. Il est fort pensable que l'herbier soit soumis à une énorme pression anthropique. Comparé avec les deux autres sites, l'échantillonnage à Salamandre a été le plus laborieux à cause de la mauvaise visibilité et de la carence de la posidonie. Huit échantillons de posidonie et de sédiment ont été prélevés entre 2 et 3,4m de profondeur.

II.2.3. Petit Port (36° 12' Nord / 0° 22' Est)

Le site de Petit-Port se trouve à 42 Km à l'Est de la ville de Mostaganem. Il présente une plage entièrement sableuse, assez étroite par endroit et disposant d'un petit système de dunes. Les pilotis qui portent les chalets se trouvent pratiquement sur le trait de côte. Tel qu'à Salamandre, les eaux usées sont rejetées directement à la Mer. Les prélèvements de posidonie et de sédiment ont été entrepris dans huit stations à des profondeurs comprises entre 1 et 3,2 m. L'herbier de posidonie semble être dense dans les eaux peu profondes et présente une riche macrofaune associée. Le nombre d'oursins (*Échinodermes*) dissimulés dans les espaces libres entre les rhizomes est impressionnant.

Il est à noter que la plage de Petit Port dispose de nombreux chalets implantés à seulement quelques mètres du trait de côte. Cela suppose le déversement direct en Mer des eaux usées surtout durant la saison estivale qui accuse une importante affluence de visiteurs.

Notre étude est réalisée sur un herbier peu profond dans 08 stations au niveau de ce site, chaque station s'étale sur environ 500 m².

II.3. Echantillonnage et traitement des échantillons

II.3.1. Echantillonnage

L'échantillonnage de la posidonie et du sédiment du substrat de l'herbier a été effectué en plongée avec scaphandre autonome. Les paquets de faisceaux de la posidonie ont été prélevés à la main et matérialisés avec une étiquette en plastique numérotée et attachée au rhizome (Fig. 17). Le sédiment a été échantillonné dans un sac en plastique fermant à l'intérieur duquel une étiquette numérotée a été introduite afin d'identifier la station de prélèvement (Fig. 18).

Les rhizomes orthotropes récoltés sont distants de 50 cm à 1 mètre les uns des autres afin d'éviter de récolter des individus rattachés à un même rhizome plagiotrope encore vivant (Pergent, 1987).



Fig. 17 : Échantillons de *Posidonia oceanica* prélevés au niveau du site de Stidia (Photographie©BOUCHHER2013).

Les échantillons de posidonie ont été conservés dans des récipients remplis d'eau de mer fraîche et transportés jusqu'au laboratoire pour leur étude. La conservation du sédiment n'a posé aucun problème ; il a été transporté dans les sacs en plastique tel qu'il a été prélevé (Fig. 19). Tous les différents échantillons et leurs sites de prélèvement (Stidia, Salamandre et Petit Port) figurent respectivement dans les tableaux 1, 2 et 3/ Annexe I.



Fig. 18 : Un échantillon de sédiment prélevé dans un sac en plastique (à gauche ; Photographie©BOUCHHER2013).

II.3.2. Traitement des échantillons de la posidonie

II.3.2.1. Identification de principales espèces épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica*

Au laboratoire, les deux feuilles adultes les plus externes et une feuille intermédiaire ont été prélevées sur chaque faisceau pour l'examen des épiphytes. Ces derniers ont été observés à la loupe binoculaire (Fig. 19) et, au besoin, au microscope. Les taxons trouvés (épiphytes) ont été photographiés en macro et en partie, selon la disponibilité des clefs de détermination identifiés.



Fig. 19 : Identification à la loupe des principales espèces épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* (Photographie©BOUCHHER2014).

II.3.2.2. Détermination des paramètres phénologiques

II.3.2.2.1. Définition

La phénologie est l'étude des paramètres foliaires sujets aux phénomènes de périodicité. Elle se base sur la mesure d'une série de paramètres qui peuvent décrire de manière synthétique l'état de vitalité d'un herbier (Pergent et *al.*, 1995).

Les caractéristiques morphologiques et l'âge des feuilles d'un faisceau diffèrent selon la position de la feuille dans le faisceau. Au sein de chaque faisceau, les feuilles se forment au centre et sont d'autant plus âgées qu'elles sont situées vers la périphérie (Giraud, 1977a ; Caye, 1989). Ces dernières acquièrent un pétiole lorsque leur allongement est presque terminé (Giraud, 1977a).

Pour l'étude phénologique, seuls les faisceaux orthotropes sont pris en compte.

II.3.2.2.2. Analyse biométrique

Chaque faisceau prélevé est décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles (Fig. 20). En fonction de la maturité des feuilles, celles-ci sont classées selon les trois catégories définies par Giraud, (1977a) :

- 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, les mesures suivantes ont été réalisées (Fig. 20) :

- La longueur totale de la feuille ;
- La largeur de la feuille ;
- Le pourcentage approximatif de couverture des épiphytes de la feuille.



Fig. 20 : Etapes de traitement des faisceaux de posidonies pour l'étude de la phénologie (à gauche) ; décortication d'un faisceau de posidonie. (à droite) ; Mesure d'une feuille de posidonie. (Photographies©BOUCHHER2014).

Lorsque les mesures portant sur l'ensemble des faisceaux sont terminées, les différents paramètres relatifs à la phénologie sont calculés comme suit :

- (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 globales (adultes + intermédiaires) par faisceau ;
- (3) la largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales (adultes + intermédiaires) par faisceau ;
- (4) Le pourcentage de la couverture des épiphytes des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales (adultes + intermédiaires) par faisceau ;
- (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 fragiliser les feuilles de posidonies (Eugene, 1978 ; Mazzella et *al.*, 1981). 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.
- (6) La surface foliaire par faisceaux (SF), correspond à la surface de feuilles exprimées en $\text{cm}^2/\text{faisceau}$ (Drew, 1971 ; Drew et Jupp, 1976). Seule une face est prise en compte. Cet indice ne représente donc que la moitié de la surface foliaire réelle. Il est calculé à partir de l'équation suivante pour chaque catégorie des feuilles :

- **Pour les feuilles adultes :**

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

Avec :

SFA = Surface Foliaire moyenne des feuilles Adultes ;

LFA = Longueur moyenne des Feuilles Adultes ;

IFA = Largeur moyenne des Feuilles Adultes.

- **Pour les feuilles intermédiaires :**

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

Avec :

SFI = Surface Foliaire moyenne des feuilles Intermédiaires ;

LFI = Longueur moyenne des feuilles Intermédiaires ;

IFI = Largeur moyenne des Feuilles Intermédiaires.

- **Pour les feuilles juvéniles :**

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

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) :**

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

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

II.3.2.3. Biomasse des feuilles et des épiphytes des feuilles

Les faisceaux récoltés pour l'étude phénologique sont également utilisés pour déterminer la biomasse des feuilles et des épiphytes des feuilles.

À l'aide d'une lame de rasoir, les deux faces de chaque feuille sont grattées soigneusement afin de séparer les épiphytes des feuilles (animaux et algues encroûtantes ou dressées) ; pour chacun des échantillons, les épiphytes dégagés sont récupérés dans une boîte de pétrie (Fig. 21) (Dauby et PouliceK, 1995).



Fig. 21 : Grattage des épiphytes des feuilles de posidonie
(Photographie©BOUCHHER2014).

Pour chaque faisceau, les lots de feuilles adultes et intermédiaires débarrassées de leurs épiphytes, sont rincées à l'eau, puis séchées séparément à l'étuve à 70°C pendant 48 heures (Fig. 22). Chaque lot est ensuite pesé (balance de la marque **KERN_{KB}** (précision : 0,01 g) (Fig. 23).



Fig. 22 : A gauche. Les feuilles de posidonie débarrassées de leurs épiphytes rincées à l'eau ; à droite. Les épiphytes grattées des feuilles (Photographie©BOUCHHER2014).

Le poids sec des feuilles après le grattage, c'est la biomasse des feuilles, exprimée en mg Ps (poids sec) par faisceau. Les débris résultant du raclage des feuilles adultes et des feuilles intermédiaires sont pesés afin d'obtenir le poids sec des épiphytes.



Fig. 23 : Balance de précision de la marque KERN *EW* de précision (0,001g).

Ces débris sont ensuite mis dans des creusets en Aluminium et calcinés à 550°C dans un four à moufle pendant 3 heures (Fig. 24). La différence de poids représente la biomasse des épiphytes. Cette dernière divisée par le nombre de faisceaux utilisés donne la biomasse des épiphytes par faisceau.

La biomasse des épiphytes est calculée selon l'équation suivante :

$$\mathbf{B_{\acute{e}ph} \text{ (mg/f)} = (P_{\acute{e}ph.sec} + P_{crts}) - (P_{\acute{e}ph.In} + P_{crts}) / \text{nombre de faisceaux}}$$

Avec :

B_{éph} : Biomasse des épiphytes en mg/f.

P_{éph.sec} : poids sec des épiphytes en mg.

P_{éph.In} : poids des épiphytes après l'incinération en mg.

P_{crts} : Poids de creuset en mg.



Fig. 24 : Four à moufle.

II.4. Traitement des échantillons de sédiment

Les échantillons de sédiment, mis dans des boîtes en verre matérialisées avec une étiquette, sont séchés à 70°C pendant 24 heures dans une étuve.

Après le séchage et avant de déterminer le taux de matière organique contenue dans le sédiment, chaque échantillon est décrit (couleur, aspect et grosseur des grains). Afin de séparer la fraction fine, composée principalement par du sable fin et la fraction grossière, composée par du sable grossier, des bioclastes (fragments biogènes) et des débris de végétaux, un tamis de 0,5 mm (fraction) est utilisé (Fig. 25).

Les échantillons de sédiment prélevés à Stidia, Salamandre et Petit-Port sont décrits respectivement dans les Tableaux 26, 27 et 28/ Annexe II.



Fig. 25 : Tamis de 0,5mm (fraction).

II.4.1. Taux de la matière organique dans le sédiment

Le taux de la matière organique contenue dans le sédiment est déterminée selon la méthode de perte au feu (Rodier, 1984) ; elle consiste en deux étapes :

- Séchage dans l'étuve d'une quantité connue de sédiment préalablement mis dans des creusets en aluminium. Ces derniers sont d'abord soumis à une température de 70°C pendant 24 heures puis ils sont pesés (poids S_1).
- Les creusets sont ensuite incinérés à 600°C pendant 2 heures dans un four à moufle (Fig. 27) puis ils sont pesés (poids S_2).

Le pourcentage de la matière organique dans le sédiment est calculé selon la formule suivante :

$$\text{MO (\%)} = [(S_1 - S_2) / S_1] \times 100$$

Avec :

MO (%) : taux de la matière organique dans le sédiment.

S_1 : poids sec du sédiment et des creusets avant la calcination.

S_2 : poids sec du sédiment et des creusets après la calcination.



Fig. 26 : La calcination du sédiment dans un four à moufle.

II.5. Analyse statistiques des données

Les données des mesures faites au laboratoire ont été introduites dans le logiciel Microsoft Excel, afin de calculer les différents paramètres descriptifs (moyenne arithmétique, variance et l'écart-type). Par la suite, l'étude statistique des données a été réalisée à l'aide de logiciel de « STATISTICAT 6.1 ».

Les paramètres descriptifs qui ont été considérés ici se résument aux comptages et mensurations (observations quantitatives) obtenus.

II.5.1. Moyenne arithmétique

La moyenne arithmétique (m_a), appelée simplement moyenne, est un paramètre de position qui sert à caractériser l'ordre de grandeur des observations (Dagnelie, 1973).

Elle correspond à la somme de chacune des valeurs observées d'une variable divisée par le nombre de valeurs observées.

Le calcul de la moyenne est réalisé à partir de formule suivante :

$$m_a = \sum x_i / n$$

Avec :

m_a = moyenne arithmétique ;

x_i = valeurs observées ;

n = nombres d'observations.

II.5.2. Calcul de la variance et de l'écart-type

La variance mesure la dispersion autour de la moyenne arithmétique (Dagnelie, 1973). La variance d'une distribution de fréquence est la moyenne des écarts par rapport à la moyenne au carré.

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

$$S = (x_i - m_a)^2 / n$$

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 :

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

Avec **S** = écart-type.

II.5.3. 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 ; Dagnelie, 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).

II.5.3.1. 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).

II.5.3.2. Test de Newman-Keuls

Ce test post-hoc peut être utilisé pour déterminer les différences significatives entre les moyennes des groupes dans une analyse de variance. Il est basé sur la statistique des étendues et suppose les mêmes conditions d'applications que celles appliquées à l'analyse de variance (Underwood, 1981 ; Zar, 1984).

Chapitre III
Résultats et Discussion

III.1. Description du type d'herbier des sites étudiés

III.1.1. Plage de Stidia

L'herbier de posidonie de Stidia se présente sous la forme d'une prairie plus ou moins continue entre 3 et 7m de profondeur. Selon les pêcheurs locaux, les herbiers se trouveraient jusqu'à 15m de fond. N'ayant effectué aucune immersion à cette profondeur dans le cadre de la présente étude, cette information n'a pas pu être vérifiée. Si on se réfère aux types d'herbiers décrits par Boudouresque et *al.*, (2006), l'herbier de Stidia correspond à un herbier de plaine (Fig. 27), mais à faible recouvrement. En certains endroits, il adopte une structure en taches, caractéristique des herbiers à phanérogames marines (Gobert, 2002). L'herbier à *Posidonia oceanica* dans ce site est dense et semble être en bonne santé (Belkhamssa, 2012) par rapport aux deux autres sites d'étude (Salamandre et Petit-Port).

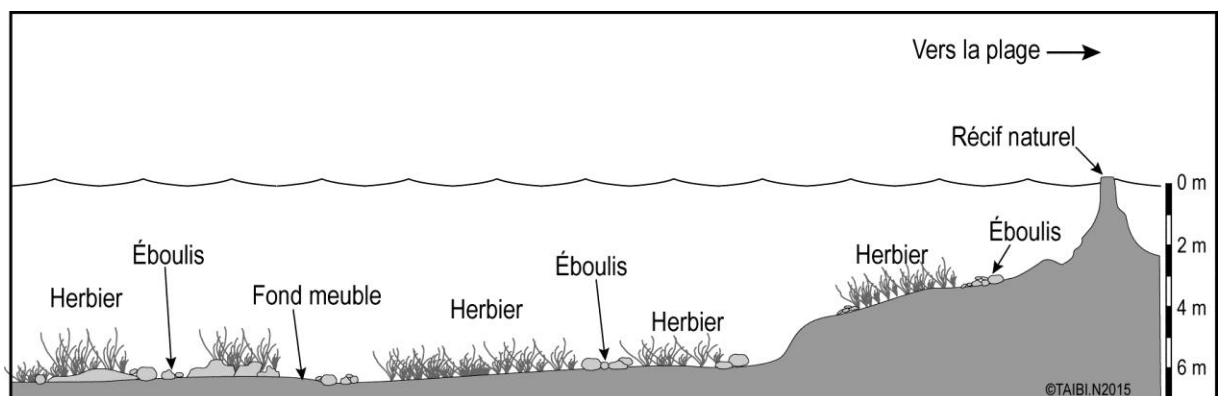


Fig. 27 : Schéma représentant le type d'herbier de la plage de Stidia.

III.1.2. Salamandre

Les caractéristiques morphologiques des échantillons de posidonie prélevés dans toutes les stations de Salamandre ne correspondent à celles des sept types d'herbier décrits par Boudouresque et *al.*, (2006). Les herbiers de Salamandre sont constitués de plusieurs touffes (ou taches) plus au moins circulaires et de petite dimension (une dizaine de m² au maximum). Par rapport à l'herbier de Stidia, les feuilles sont nettement plus petites et leur partie supérieure est généralement endommagée ; l'herbier de Salamandre semble être perturbé.

III.1.3. Plage de Petit Port

La plage submergée de Petit Port présente une plateforme naturelle recouverte de macroalgues. Dès son bord inférieur, à moins d'un mètre de profondeur, s'étend l'herbier de posidonie qui par endroit effleure la surface de l'eau (Fig. 28). La densité de l'herbier est élevée et commence à diminuer en gagnant de la profondeur. À partir de 3 m de fond, la posidonie forme plutôt des taches entre lesquelles apparaît un fond meuble avec quelques éboulis.

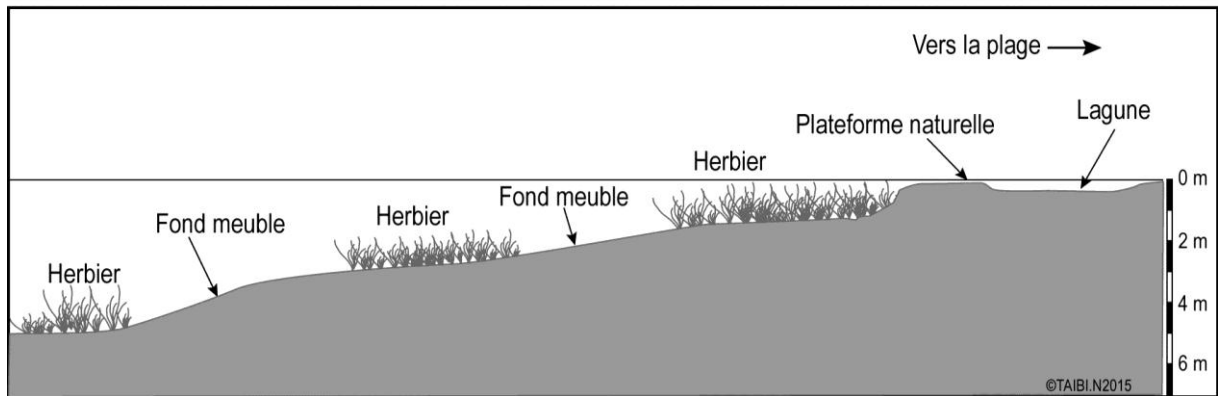


Fig. 28 : Schéma représentant le type d'herbier de la plage de Petit Port.

III.2. Identification des principales espèces épiphytes des herbiers à *Posidonia oceanica*

Pour les trois sites d'étude, 18 espèces de faune et de flore épiphytes des feuilles de la posidonie ont été identifiées (Tab. 1). Elles appartiennent à 5 groupes taxonomiques différents dont les plus dominants sont les *Bryozoaires* et les *Hydrozoaires*. *Electra posidonica* (bryzoaire) est l'espèce la plus répandue : elle occupe presque la moitié de la surface des feuilles de la posidonie (Fig. 29). Elle est présente dans toutes les stations (Stidia, Salamandre et Petit Port) et à toutes les profondeurs d'échantillonnage (de 1 jusqu'à 5 m). D'autres groupes beaucoup moins répandus ont également été identifiés. Il s'agit des mollusques, des polychètes et des macro-algues.

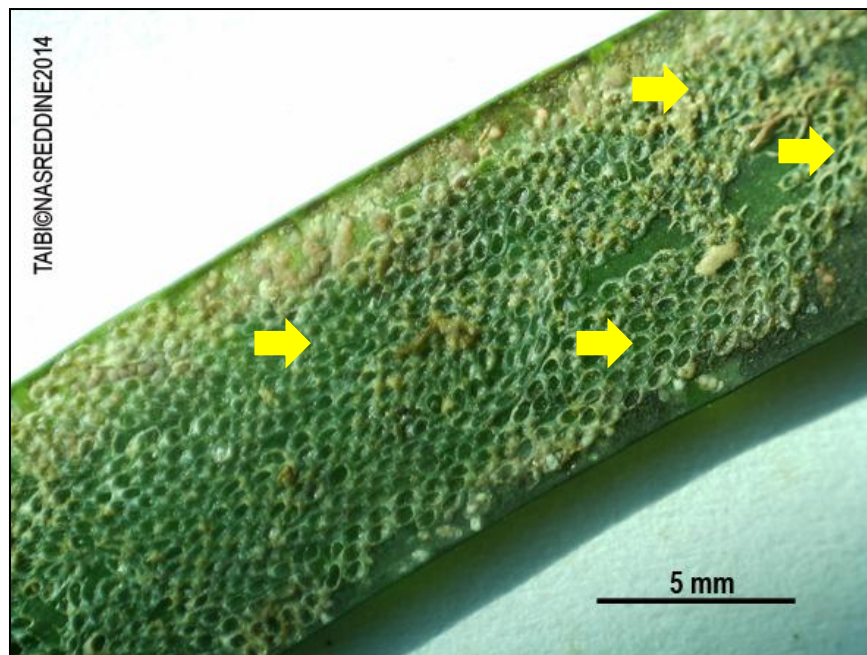


Fig. 29 : *Electra posidonica*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (TAIBI.N©2014).

Tableau 1 : Liste des espèces épiphytes des feuilles de *Posidonia océanica* recensées au niveau des trois sites d'étude ; Stidia, Salamandre et Petit-Port. (P) : présente ; (A) : absente.

Groupe taxonomique	Nom de l'espèce	Stidia	Salamandre	Petit-Port
Bryozoaires	<i>Electra posidonia</i>	P	P	P
	<i>Aetea. sp</i>	P	P	A
	<i>Microporella ciliata</i>	A	P	A
	<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	P	P	P
	<i>Lichenopora radiata</i>	P	A	P
	<i>Aetea lepadiformis</i>	A	P	A
Hydrozoaires	<i>Obelia geniculata</i>	P	P	P
	<i>Diphasia attenuata</i>	P	P	A
	<i>Amphisbetia operculata</i>	P	A	A
	<i>Monothecca obliqua</i>	P	P	P
	<i>Halecium muricatum</i>	P	A	A
	<i>Sertularia ellisii</i>	P	P	A
	<i>Aglaphenoia. sp</i>	A	A	P
Polychètes	<i>Nereis. sp</i>	A	P	A
Mollusques	<i>Balanus perforatus</i>	A	P	A
	<i>Columbella rustica</i>	A	P	P
Macroalgues (Rhodophycée)	<i>Halarachnion ligatum</i>	A	P	A
	<i>Rodoficea incrustante</i>	P	P	P

Épiphytes de l'herbier de Salamandre

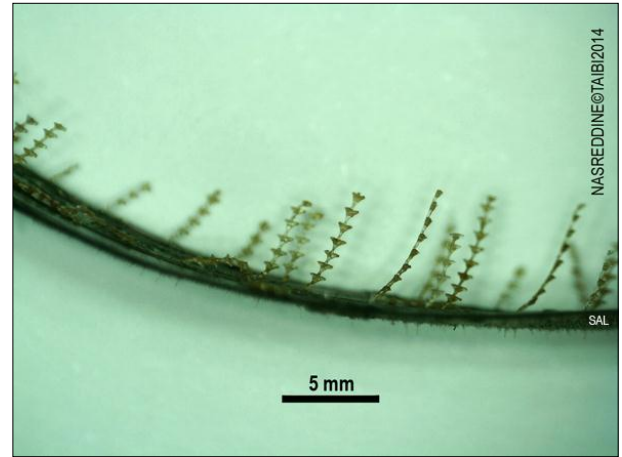
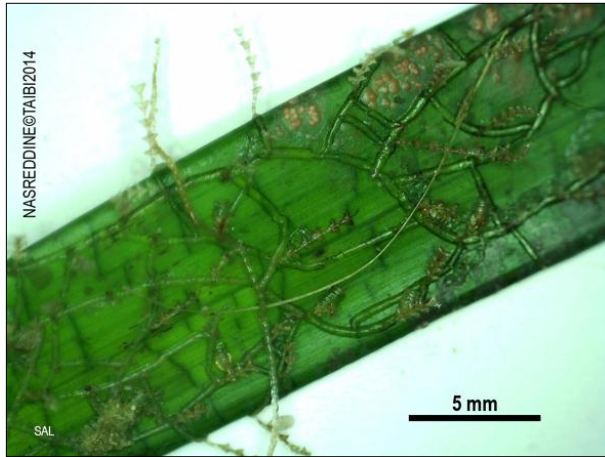


Fig. 30 : *Diphasia attenuata*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (Salamandre, présente étude) (TAIBI.N©2014).

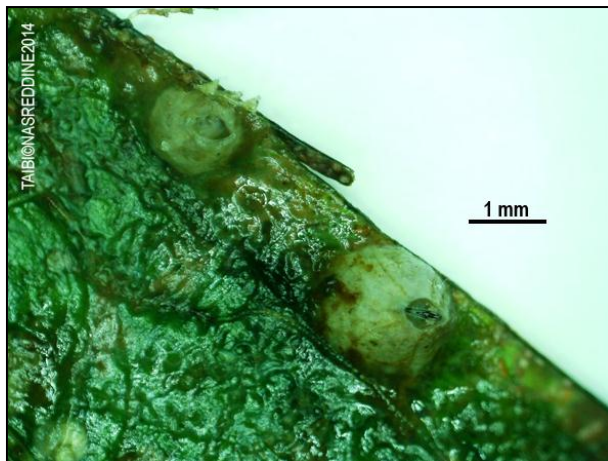


Fig.31 : *Balanus perforatus*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (Salamandre, présente étude) (TAIBI.N©2014).

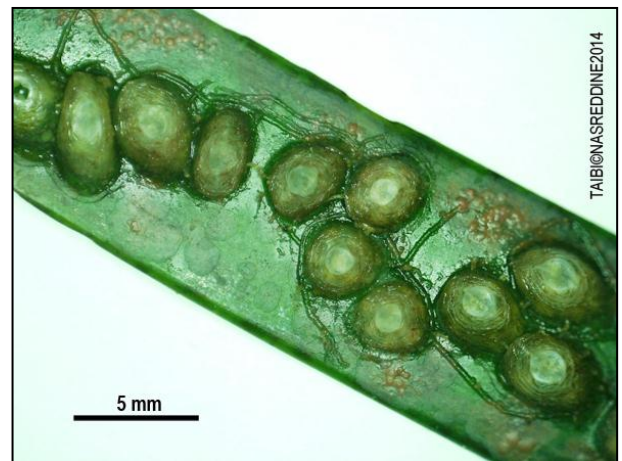


Fig.32 : *Columbella rustica*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (Salamandre, présente étude) (TAIBI.N©2014).

Épiphytes de l'herbier de Stidia

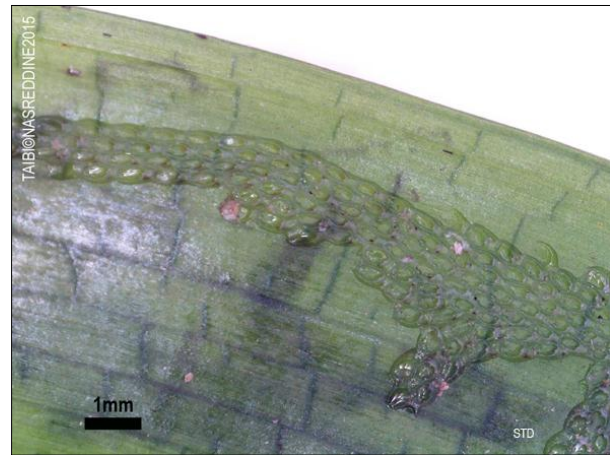
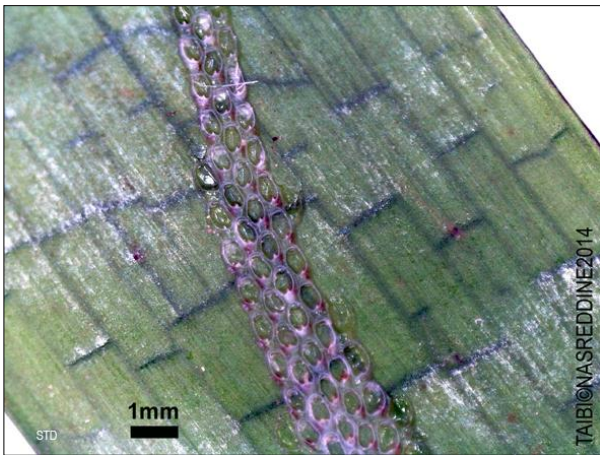


Fig.33 : *Electra posidonia*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (Stidia, présente étude) (TAIBI.N©2014).

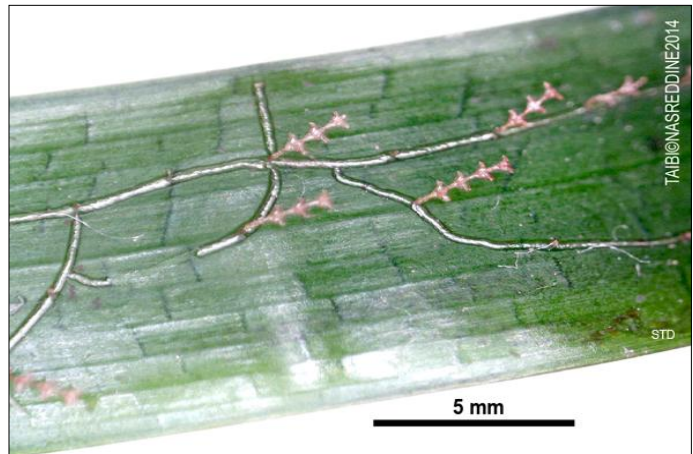


Fig.34 : *Diphasia attenuata*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (Stidia, présente étude) (TAIBI.N©2014).

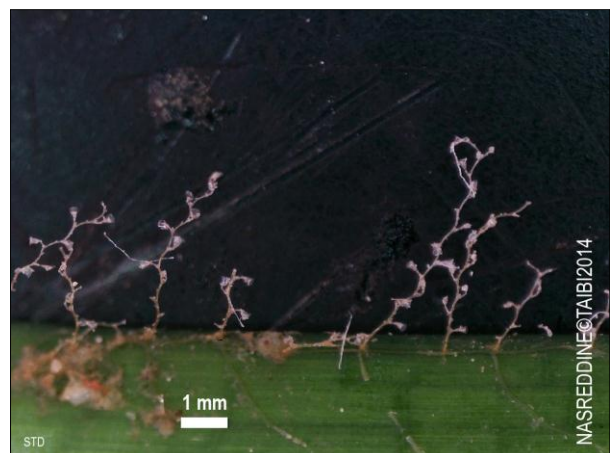


Fig.35 : *Amphisbetia operculata*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (Stidia, présente étude) (TAIBI.N©2014).

Fig.36 : *Monotheca obliqua*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (Stidia, présente étude) (TAIBI.N©2014).

Épiphytes de l'herbier de Petit Port



Fig.37 : *Aglaphenoia. sp.*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (plage de Petit Port, présente étude) (TAIBI.N©2014).



Fig.38 : *Electra posidonia*, épiphyte fixé sur la feuille de *Posidonia oceanica* (plage de Petit Port, présente étude) (TAIBI.N©2014).

III.3. Variation des paramètres phénologiques

III.3.1. Nombre moyen de feuilles par faisceau

III.3.1.1. Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par faisceau

La variation du nombre moyen de feuilles globales de *Posidonia oceanica* est signalée par plusieurs auteurs (Semroud, 1993 ; Rico-Raimondino, 1995 ; Boumaza, 1995 ; Gobert, 2002 ; Belgacem et *al.*, 2007). Elle serait le plus souvent liée à la quantité de lumière disponible et à l'hydrodynamisme (Rico-Raimondino, 1995 ; Ferrari, 2006), qui diffère d'un site à l'autre. Ce paramètre montre une différence non significative entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P > 0,05$) (Tab. 26, voir annexe II).

La valeur minimale de ce paramètre ($5,4 \pm 1,15$) est enregistrée au niveau de la plage de Petit Port (station P-PP8), alors que, la valeur maximale ($12 \pm 2,64$) est enregistrée dans la plage Stidia (station P-STD1) (Tab.7, voir annexe II).

La valeur moyenne du nombre moyen de feuilles globales par faisceau obtenue à la plage de Stidia ($8,45 \pm 1,67$) est légèrement supérieure à celle obtenue pour les échantillons prélevés à Salamandre ($7,54 \pm 1,78$) et à la plage de Petit Port ($7,54 \pm 1,78$) (Fig. 39).

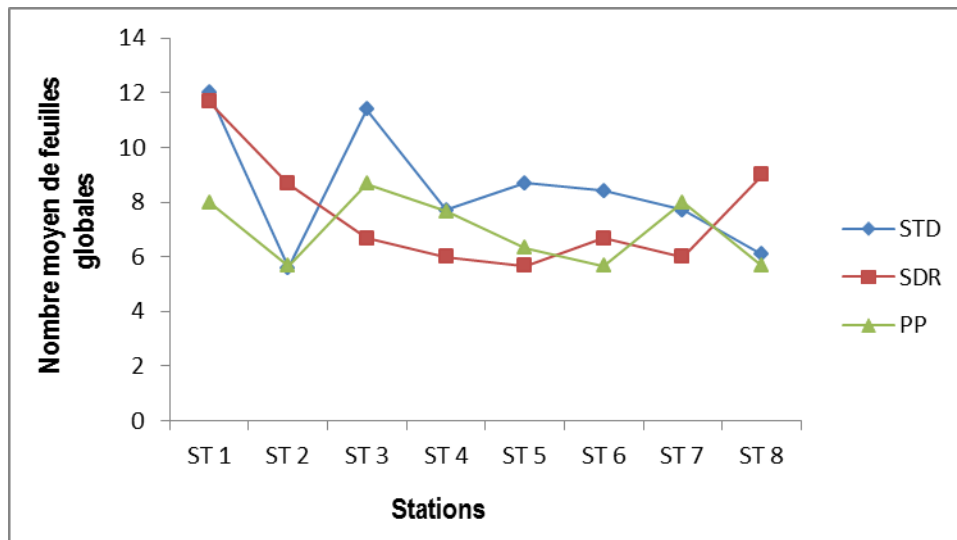


Fig. 39 : Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les valeurs les plus élevées de ce paramètre sont obtenues au niveau de la plage de Stidia (Tab. 7, voir annexe II), car la majorité des échantillons a été prélevée à des profondeurs supérieures à 3m. L'hydrodynamisme est y modéré. Par contre, les valeurs les plus faibles sont obtenues au niveau de la plage de Petit Port où les stations d'échantillonnage sont moins profondes et plus exposées à l'hydrodynamisme. Ces conditions accentuent le rythme de chute des feuilles de l'herbier et en conséquence une réduction de leur nombre par faisceau (Buia et al., 1992 ; Sanchez-Lizaso, 1993). Les valeurs obtenues sont du même ordre que celles enregistrées à des profondeurs similaires dans plusieurs régions du bassin méditerranéen (Tab. 02).

Tableau 02 : Nombre moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica*. (Maximum : M ; minimum : m) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.

Localités	Profondeur (m)	Nombre de feuilles par faisceau	Références
Stidia (Algérie)	3 – 4,5	8,45 (Septembre)	Présent travail
Salamandre (Algérie)	2 – 3,4	7,54 (Juin)	
Petit Port (Algérie)	1 – 3,2	6,96 (Juin)	
Cap Blanc (Algérie)	10	6,4 (Décembre) M 4,05 (Janvier) m	Khodja, 2013
	5	5,75 (Décembre) M 4,35 (Février) m	
Cap Carbon (Algérie)	10	6,37 (Décembre) M 5,07 (Novembre) m	Chahrour, 2013
Ain Franin (Algérie)		6,50 (Mai) M 4,03 (Septembre) m	
Stidia (Algérie)	1.5	8,9 (Mai) M 5,6 (Mars) m	Belbachir, 2012
Hadjaj (Algérie)	0.7	8,7 (Juin) M 7,1 (Mars) m	
Ras Jebel (Tunisie)	5	5,15 (Hiver) M 4,17 (Automne) m	Belgacem et al., 2007
Calvie (Corse)	3	7,10 (Janvier) M 5,20 (Mai) m	Bay, 1984
Tamentfoust (plage militaire, Algérie)	2 – 3	7,93 (Avril)	Moussi et Ghoul., 1994
Anse de Kouali (Algérie)	2	7,20 (Décembre) M 5,25 (Septembre) m	Boumaza, 1995
Tamentfoust (Algérie)	2	6,20 (Avril) M 5,20 (Octobre) m	Semroud, 1993
Port-Princes (Cap Bon, Tunisie)	6,5	4,35*	Ksontini et al., 2007

*Moyenne annuelle

III.3.1.2. Nombre moyen de feuilles adultes par faisceau

Le nombre moyen de feuilles adultes par faisceau varie de façon significative entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P < 0,05$) (Tab. 26, voir annexe II).

Par rapport à Salamandre et à la plage de Petit Port, la plage de Stidia présente le nombre moyen de feuilles adultes le plus élevé (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). Le maximum de ce paramètre (5 ± 1) est enregistré dans la plage de Stidia (station P-STD3) (Tab.4, voir annexe II).

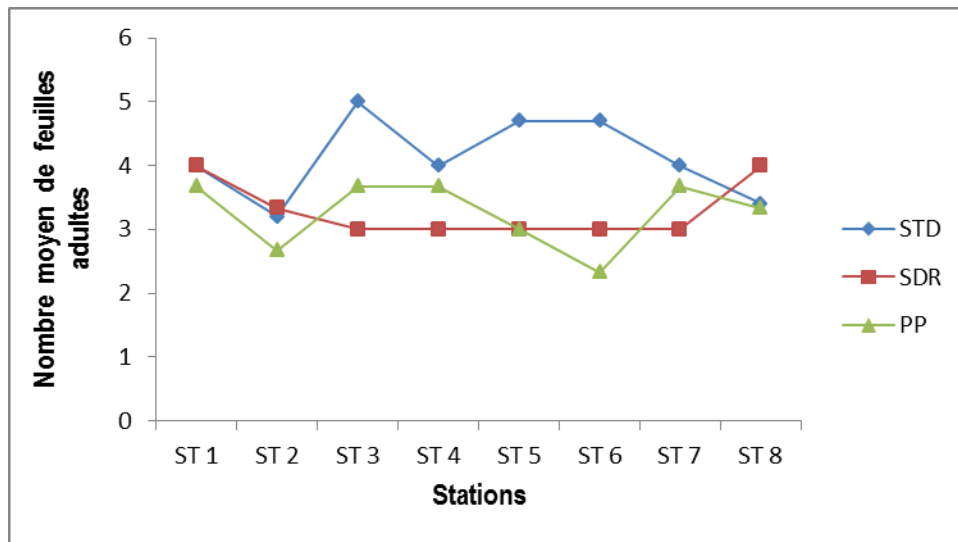


Fig. 40 : Nombre moyen de feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations/Stidia, Salamandre et Petit Port.

Cette disparité est toujours liée au rythme de chute des feuilles qui est influencé par l'hydrodynamisme. Ce dernier est plus modéré à la plage de Stidia qu'à Salamandre et à la plage de Petit Port. En général, le nombre moyen des feuilles adultes par faisceau est élevé. Ce constat s'explique par le fait que les feuilles adultes persistent plus longtemps sur les rhizomes durant l'été où l'hydrodynamisme est très faible (Mazzella et Ott, 1984 ; Caye, 1989).

Les résultats émanant du présent travail montrent des valeurs supérieures à celles obtenues pour Cap Blanc (Khodja, 2013), Cap Carbon et à Ain Franin (Chahrour, 2013) et celles obtenues pour Stidia et Hadjaj (Belbachir, 2012) (Tab. 02).

Tableau 03 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du nombre de feuilles adultes par faisceau de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	Nombre de feuilles adultes par faisceau	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(5,00 ± 1,00) (Septembre) M (3,2 ± 0,84) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(4,00 ± 1,15) (Juin) M (3,00 ± 0) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(3,67 ± 0,57) (Juin) M (2,33 ± 0,57) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(4,6 ± 0,52) (Mai) M (2,2 ± 0,42) (Février) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(4,6 ± 0,84) (Juin) M (2,8 ± 1,14) (Février) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(4 ± 0,73) (Octobre) M (2,2 ± 0,48) (Novembre) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(3,5 ± 0,50) (Mai) M (2,47 ± 0,50) (Janvier) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc 5	5	(2,75 ± 0,55) (Mars) M (2,1 ± 0,31) (Février) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc 10	10	(2,90 ± 0,30) (Septembre) M (1,85 ± 0,36) (Janvier) m	

III.3.1.3. Nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau

Le nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau varie de façon insignifiante d'un site à un autre (ANOVA, à $P > 0,05$) (Tab. 26, voir annexe II). La valeur la plus faible ($2,33 \pm 0,57$) est notée à la plage de Petit Port (station P-PP8), alors que la valeur maximale ($8 \pm 2,00$) à la plage de Stidia (station P-STD1) (Tab. 5 voir Annexe II). Les valeurs moyennes du nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau obtenues au niveau de de la plage de Stidia et de Salamandre sont très proches ($4,32 \pm 0,98$) et ($4,2 \pm 1,47$) et légèrement supérieures à celles obtenues à la plage de Petit Port ($3,7 \pm 0,48$) (Tab. 5 voir Annexe II).



Fig. 41: Nombre moyen de feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

De toutes les stations échantillonnées, la station P-PP8 de la plage du Petit Port est beaucoup plus exposée à l'hydrodynamisme à cause de sa faible profondeur (-1m). De ce fait, la posidonie présente un faible nombre moyen de feuilles intermédiaires. Inversement, la station P-STD1 de Stidia, située à une grande profondeur (-4.5m), est soumise à un faible hydrodynamisme ; ce qui explique le considérable nombre moyen de feuilles intermédiaires de posidonie (Fig. 41).

Les résultats de la présente étude montrent de valeurs supérieures à celles obtenues par Khodja (2013) pour Cap Blanc, Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, et Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 03).

Tableau 04 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du nombre de feuilles intermédiaires par faisceau de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	Nombre de feuilles intermédiaires par faisceau	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(8,00 ± 2,00) (Septembre) M (2,4 ± 0,89) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(7,33 ± 3,51) (Juin) M (2,6 ± 0,57) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(5,00 ± 0,00) (Juin) M (2,33 ± 0,57) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(4,7 ± 1,25) (Février) M (1,6 ± 0,70) (Juin) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(2,9 ± 0,88) (Février) M (1,2 ± 0,63) (Juin) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(3,17 ± 0,52) (Février) M (1,23 ± 0,42) (Octobre) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(3,30 ± 0,64) M (1,17 ± 0,72) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(3,20 ± 0,61) (Novembre) M (2,25 ± 0,64) (Janvier) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(3,85 ± 0,48) (Décembre) M (2,20 ± 0,67) (Janvier) m	

III.3.1.4. Nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau

Le nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau diffère clairement d'un site à un autre (ANOVA, à $P < 0,05$) ; Le site de Stidia présente un nombre moyen de feuilles adultes supérieur à celui de Salamandre et plage de Petit Port (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II).

La valeur minimale du nombre moyen des feuilles juvéniles ($0,0 \pm 0,00$) est enregistrée à la plage de Petit Port (stations P-PP2 et P-PP6) et à Salamandre (station P-SDR3), alors que la valeur maximale ($3,4 \pm 2,3$) est enregistrée au niveau de la plage de Stidia (station P-STD7) (Tab. 6, voir annexe II).

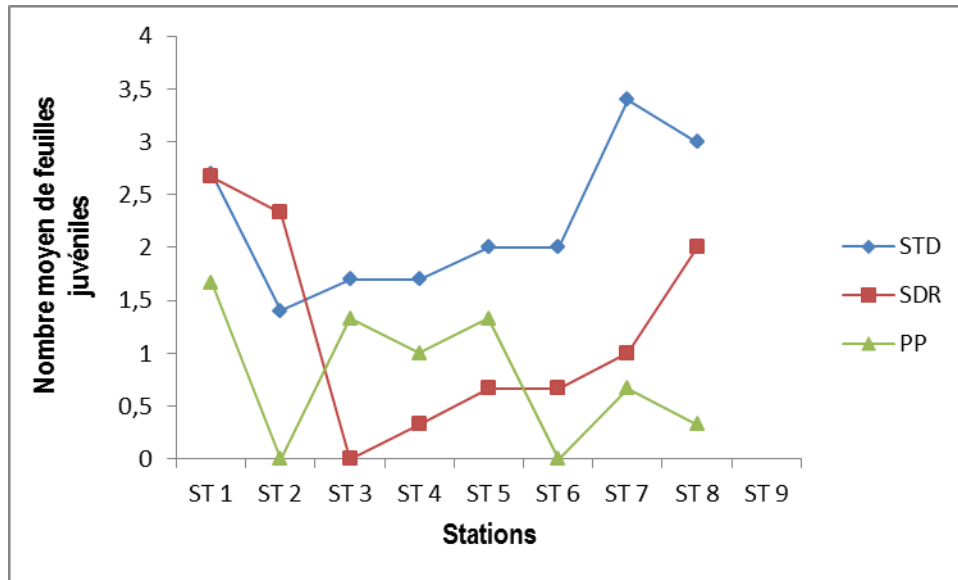


Fig. 42 : Nombre moyen de feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

En général, les valeurs du nombre moyen de feuilles juvéniles par faisceau sont plus faibles par rapport à celles de feuilles adultes et intermédiaires (Fig. 40, 41 et 42). Du fait de leur position à l'intérieur des faisceaux, les feuilles juvéniles sont moins exposées à l'hydrodynamisme que les feuilles adultes et intermédiaires. Donc il en résulte que le nombre moyen de cette catégorie de feuilles ne change pas de façon importante d'une station à une autre (Fig. 42).

Le nombre moyen des feuilles juvéniles prélevées à Stidia ($2,1 \pm 0,93$) est supérieur à celui obtenu pour Salamandre ($1,21 \pm 0,69$) et pour la plage de Petit Port ($0,80 \pm 0,62$) ; il est fort probable que la profondeur en soit la cause. Boumaza (1995) l'avait également observé lors de son étude.

Les valeurs obtenues dans ce travail sont du même ordre que celles obtenues par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 4).

Tableau 05 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du nombre de feuilles juvéniles par faisceau de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	Nombre de feuilles juvéniles par faisceau	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(3,4 ± 2,3) (Septembre) M (1,4 ± 1,14) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(2,67 ± 0,57) (Juin) M (0,00 ± 0,00) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(1,67 ± 2,08) (Juin) M (0,00 ± 0,00) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(2,6 ± 1,07) (Juin) M (0,5 ± 0,45) (Mars) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(2,5 ± 0,71) (Juin) M (0,3 ± 0,27) (Mars) m	

III.3.2. Longueur moyenne des feuilles

III.3.2.1. Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

La longueur moyenne des feuilles globales varie très peu entre la plage de Stidia, Salamandre et la plage de Petit Port (ANOVA, à $P > 0,05$) (Tab. 26, voir annexe II).

Le maximum de ce paramètre ($48,8 \text{ cm} \pm 20,5$) est noté à la plage de Petit Port (station P-PP6) (Tab. 11 voir annexe II). La valeur moyenne de la longueur des feuilles globales obtenue au niveau de la plage de Petit Port ($27,9 \text{ cm} \pm 6,02$) est supérieure à celle obtenue à Salamandre ($25,5 \text{ cm} \pm 6,1$) et à la plage de Stidia ($20,4 \text{ cm} \pm 2,26$) (Tab. 11 voir annexe II).

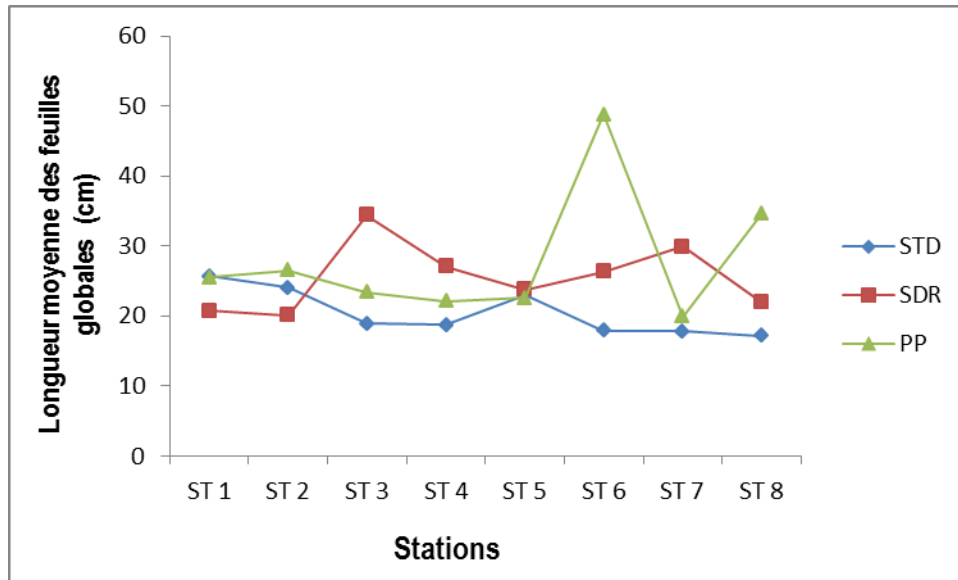


Fig. 43 : Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les valeurs les plus faibles de la longueur moyenne des feuilles globales sont obtenues à la plage de Stidia (Fig. 43) probablement à cause de la diminution de l'intensité lumineuse avec la profondeur (Gobert, 2002). Par contre, les valeurs les plus grandes sont obtenues au niveau de plage de Petit Port où les stations d'échantillonnage sont moins profondes.

Les valeurs tirées des résultats de ce travail sont inférieures à celles obtenues pour Cap Blanc (Khodja, 2013), Cap Carbon et à Ain Franin (Chahrour, 2013), Stidia et Hadjaj (Belbachir, 2012) et à celles enregistrées à des profondeurs similaires dans plusieurs régions du bassin méditerranéen (Tab. 05).

Tableau 06 : Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de posidonie. (Maximum : M ; minimum : m) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.

Localités	Profondeur (m)	Longueur moyenne des feuilles globales (mm)	Références
Stidia (Algérie)	3 – 4,5	200,4 (Septembre)	Présent travail
Salamandre (Algérie)	2 – 3,4	255,00 (Juin)	
Petit Port (Algérie)	1 – 3,2	279,00 (Juin)	
Cap Blanc (Algérie)	5	1334,42 (Juillet) M 597,67 (Septembre) m	Khodja, 2013
	10	611,63 (Juillet) M 426,25 (Janvier) m	
Cap Carbon (Algérie)	10	952,20 (Aout) M 294,30 (Novembre) m	Chahrour, 2013
Ain Franin (Algérie)		981,30 (Aout) M 287,90 (Janvier) m	
Stidia (Algérie)	1.5	467,8 (Juin) M 153,00 (Février) m	Belbachir, 2012
Hadjaj (Algérie)	0.7	535,5 (Juin) M 221,7 (Février) m	
Ile de Rachgoun (Algérie)	2 – 3	369,86 (Mars) M 193,94 (Octobre) m	Tektek, 2012
Cap Carbon (Algérie)	2 – 3	205,59 (Juin)	Halouche et Khodja, 2010
Tamentfoust (Algérie)	2 – 3	216,72 (Juillet)	Moussi et Ghoul., 1994
Anse de Kouali (Algérie)	2	675,61 (Juin)	Boumaza, 1995
Port-Croise (France)	2	47,00 (Juin)	Pergent, 1987
Tabarca (Espagne)	2 – 3	124,00 (Aout)	Sanchez Lizaso, 1993

III.3.2.2. Longueur moyenne des feuilles adultes

La longueur moyenne des feuilles adultes varie de façon non significative entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P > 0,05$) (Tab. 26, voir annexe II). Le minimum de ce paramètre ($9 \text{ cm} \pm 4,36$) est enregistrée à Salamandre (station P-SDR8), et le maximum ($48,4 \text{ cm} \pm 19,9$) à la plage de Petit Port (station P-PP6) (Tab. 08/annexe II).

La valeur moyenne de la longueur moyenne des feuilles adultes obtenue au niveau du site de Stidia ($27,2 \text{ cm} \pm 2,06$) est supérieure à celle de la plage de Petit Port ($26,3 \text{ cm} \pm 5,69$) et à celle de Salamandre ($22,9 \text{ cm} \pm 5,48$) (Tab. 08/ annexe II).

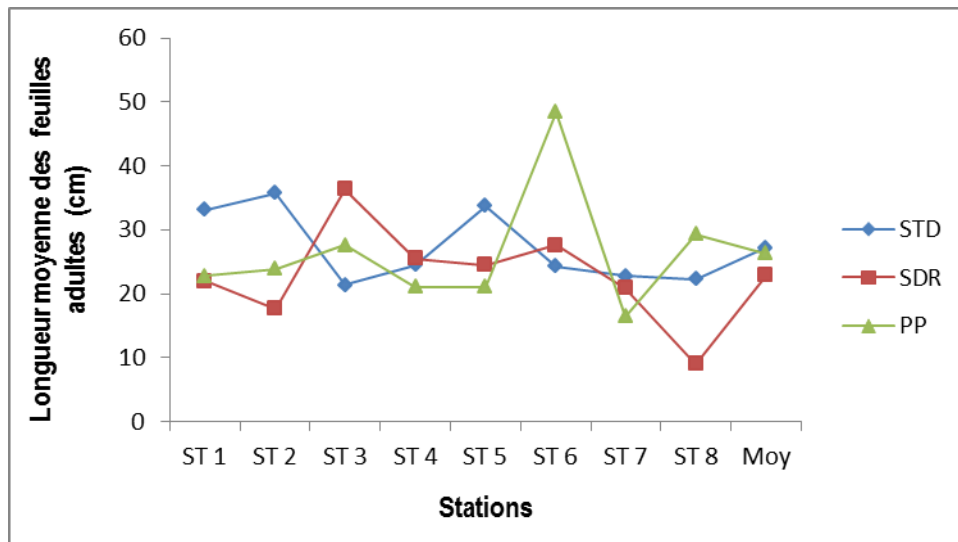


Fig. 44 : Longueur moyenne des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les faibles valeurs de la longueur moyenne des feuilles adultes obtenues à Salamandre par rapport aux deux autres sites (Fig. 44). Cela est probablement dû à une perturbation de la croissance des feuilles adultes à cause de la diminution de la photosynthèse, du fait de la concentration élevée de la charge en matière en suspension et des nutriments provenant par les rejets urbaines dans de ce site.

Les valeurs obtenues dans ce travail sont inférieurs à celles obtenues par Khodja (2013) pour Cap Blanc, Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin et Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 06).

Tableau 07 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la longueur moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	longueur moyenne des feuilles adultes (cm)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(35,7 ± 3,1) (Septembre) M (21,4 ± 1,6) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(36,3 ± 17,3) (Juin) M (9 ± 4,36) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(48,4 ± 19,9) (Juin) M (16,4 ± 2,5) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(49.94 ± 14.54) (Juin) M (16.68 ± 8.39) (Février) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(64.77 ± 19.75) (Juin) M (19.56 ± 8.77) (Février) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(54,53 ± 51,82) (Aout) M (14,52 ± 11,96) (Février) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin	10	(62,5 ± 8,99) (Aout) M (12,8 ± 2,06) (Janvier) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(36,75 ± 10,52) (Juin) M (25,2 ± 6,73) (Janvier) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(67,27 ± 12,03) (Juillet) M (36,5 ± 7,82) (Septembre) m	

II.3.2.3. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires

La longueur moyenne des feuilles intermédiaires est toujours inférieure à celles des feuilles adultes au niveau des trois sites d'étude, ceci s'explique par le fait que ces feuilles n'ont pas encore achevé leur croissance (Rico-Raimondino, 1995).

Ce paramètre varie significativement entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P < 0,05$). La variation de ce paramètre permet de séparer les trois sites d'étude en deux groupes (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II) ; c'est le site de Stidia qui présente une longueur moyenne des feuilles intermédiaires inférieure à celui de Salamandre et de site de Petit Port (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II).

La valeur maximale ($49,2 \pm 21,8$) est notée à la plage de Petit Port (station P-PP6) (Tab. 09 voir annexe II).

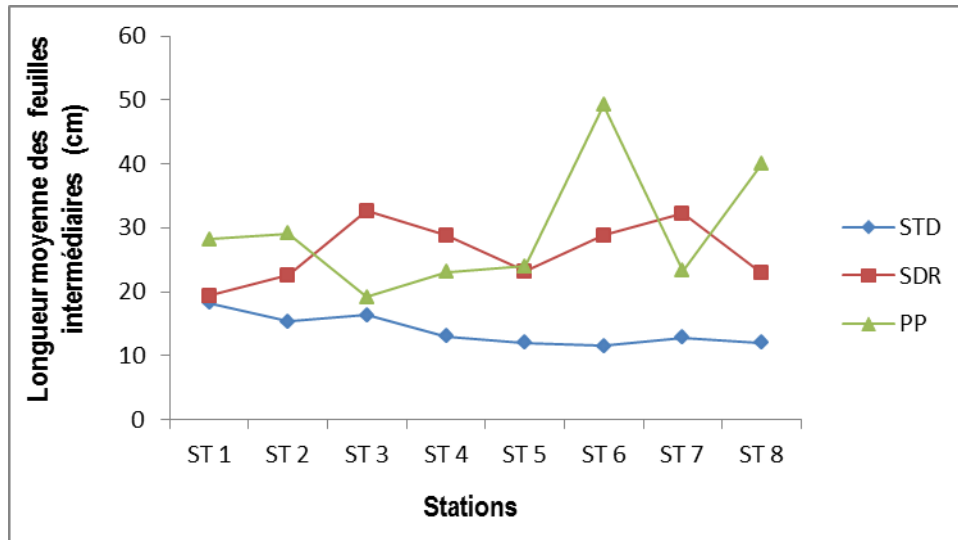


Fig. 45 : Longueur moyenne des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les stations des trois sites (Stidia, Salamandre et Petit Port).

Il existe une corrélation positive entre la longueur des feuilles intermédiaires et celle des feuilles adultes chez l'herbier à *Posidonia oceanica* (Ferrari, 2006). Cependant, les résultats obtenus concernant la longueur moyenne des feuilles intermédiaires au niveau de toutes les stations des trois sites ne suivent pas le même schéma évolutif que celles des feuilles adultes (Fig. 45). La différence de longueur des feuilles intermédiaires et la différence de longueur des feuilles globales qui existent entre Stidia, Salamandre et plage de Petit Port sont dues aux mêmes raisons. Les valeurs trouvées dans ce travail sont inférieures à celles obtenues par Khodja (2013) pour Cap Blanc, Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, et Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 07).

Tableau 08 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la longueur moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	longueur moyenne des feuilles intermédiaires (cm)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(18,3 ± 4,1) (Septembre) M (11,5 ± 2,6) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(32,6 ± 5,1) (Juin) M (19,4 ± 2,9) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(49,2 ± 21,8) (Juin) M (19,2 ± 3,5) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(40,63 ± 17,62) (Juin) M (14,25 ± 7,10) (Février) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(45,58 ± 18,01) (Avril) M (15,04 ± 12,31) (Juin) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(49,82 ± 8,48) (Juin) M (10,7 ± 2,11) (Novembre) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin	10	(48,9 ± 2,24) (Aout) M (11,7 ± 3,53) (Novembre) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(25,2 ± 10,08) (Juillet) M (17,4 ± 6,81) (Février) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(66,2 ± 16,85) (Juillet) M (23,2 ± 5,15) (Septembre) m	

III.3.2.4. Longueur moyenne des feuilles juvéniles

La longueur moyenne des feuilles juvéniles varie insignifiquement entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P > 0,05$) (Tab. 26, voir annexe II). La valeur la plus faible de ce paramètre ($1,2 \text{ cm} \pm 0,00$) est enregistrée au niveau de la plage de Petit Port (station P-PP8).

La valeur moyenne de la longueur moyenne des feuilles juvéniles obtenue à Salamandre ($2,56 \text{ cm} \pm 0,73$) est supérieure à celle obtenue à la plage de Stidia ($2,47 \text{ cm} \pm 0,40$) et à celle obtenue à la plage de Petit Port ($2,32 \text{ cm} \pm 0,47$) respectivement (Tab. 10 voir annexe II).

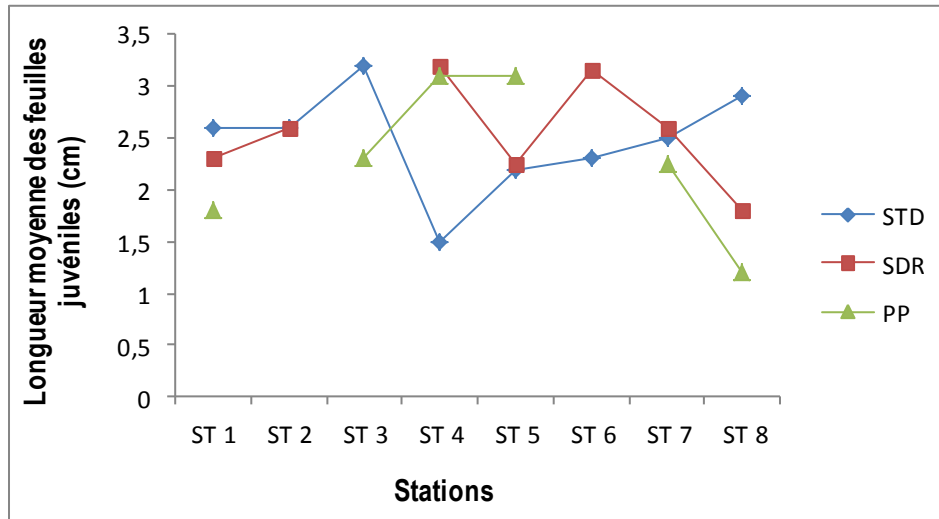


Fig. 46 : Longueur moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

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).

Les valeurs enregistrées durant cette étude sont supérieures à celles obtenues par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 08).

Tableau 09 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la longueur moyenne des feuilles juvéniles de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	longueur moyenne des feuilles juvéniles (cm)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(3,2 ± 0,6) (Septembre) M (1,5 ± 0,47) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(2,25 ± 1,3) (Juin) M (1,8 ± 1,1) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(3,2 ± 0,9) (Juin) M (1,2 ± 0,0) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(4.03 ± 0.99) (Mars) M (0.64 ± 0.58) (Avril) m	Belbachir, 2012
	Hadjaj	0.7	(2.49 ± 1.84) (Mars) M (0.28 ± 0.12) (Avril) m	

III.3.3. Largeur moyenne des feuilles

La largeur des feuilles augmente généralement de l'intérieur du faisceau (feuilles les plus jeunes) vers la périphérie (feuilles les plus âgées). Les feuilles adultes sont donc toujours plus larges que les feuilles intermédiaires, quels que soit la station considérée (Thelin et Giorgi, 1984 ; Pergent et Pergent-Martini, 1988 ; Sanchez Lizaso, 1993 ; Semroud, 1993 ; Pergent-Martini, 1994 ; Rico-Raimondino, 1995 ; Boumaza, 1995).

III.3.3.1. Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

La largeur moyenne des feuilles globales varie notablement d'un site à un autre (ANOVA, à $P < 0,05$) ; la largeur moyenne des feuilles globales de la posidonie de la plage de Stidia est nettement supérieure que celles des deux autres sites ; Salamandre et plage de Petit Port (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). Le maximum de ce paramètre ($1,19 \pm 0,13$) est enregistré à la plage de Stidia (station P-STD5) (Tab. 15 voir annexe II).

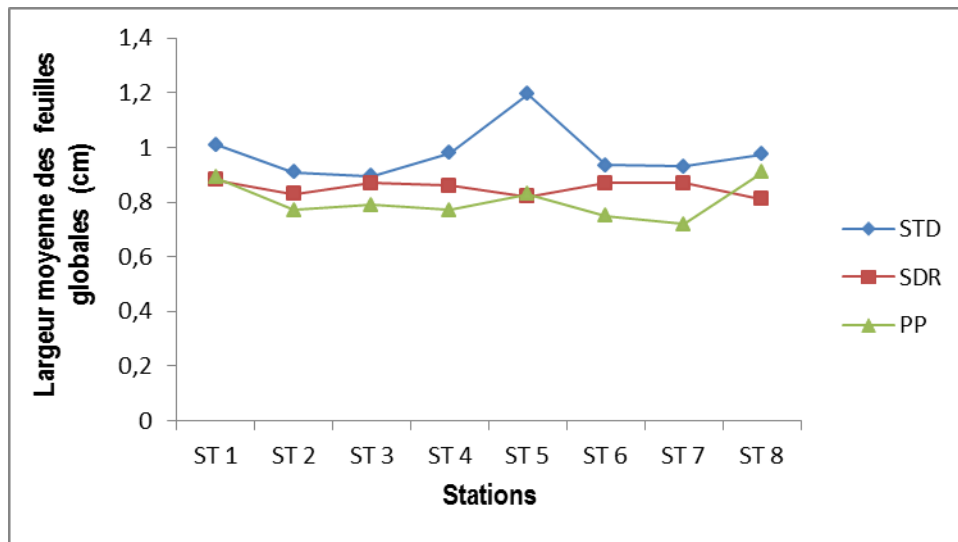


Fig. 47 : Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Selon la littérature, la largeur des feuilles varie considérablement en fonction de la localité (Giraud, 1977a ; Giorgi et Thelin, 1983 ; Pergent et Pergent-Martini, 1988 ; Rico-Raimondino, 1995 ; Boumaza, 1995 ; Sghair et al, 2006 ; Belgacem et al, 2007). Les valeurs de la largeur moyenne des feuilles globales obtenues dans les trois sites d'étude sont comprises entre 8 et 12 mm, excepté au niveau de certaines stations de la plage de Petit Port où les valeurs sont inférieures à 8 mm (Fig. 47). Cette disparité entre les trois sites d'étude

peut être expliquée par la variation des conditions environnementales d'un site à l'autre. Effectivement, la variation spatiale de la largeur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* est corrélée avec la température, la salinité, ainsi qu'à la profondeur (Phillips, 1960 ; Zieman, 1974). Les valeurs obtenues au cours du présent travail sont légèrement inférieures à celles obtenues par Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin et par Khodja (2013) pour Cap Blanc, mais ils sont en accord à celles obtenues par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 09).

Tableau 10 : Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	largeur moyen des feuilles globales (cm)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(1,19 ± 0,13) (Septembre) M (0,91 ± 0,4) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(0,88 ± 0,05) (Juin) M (0,79 ± 0,01) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(0,91 ± 0,07) (Juin) M (0,72 ± 0,07) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(1,09 ± 0,15) (Mai) M (0,89 ± 0,07) (Mars) m	Belbachir, 2012
	Hadjaj	0.7	(0,97 ± 0,07) (Mai) M (0,84 ± 0,08) (Mars) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(1,112 ± 0,04) (Mai) M (0,97 ± 0,05) (Février) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(1,10 ± 0,04) (Avril) M (0,93 ± 0,04) (Décembre) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(1,02 ± 0,03) (Janvier) M (0,99 ± 0,12) (Février) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(1,05 ± 0,04) (Juin) M (0,98 ± 0,02) (Septembre) m	

III.3.3.2. Largeur moyenne des feuilles adultes

La largeur moyenne des feuilles adultes varie de façon significative entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P < 0,05$).

La variation de ce paramètre permet de séparer les sites d'étude en trois groupes (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). Le maximum de ce paramètre ($1,21 \text{ cm} \pm 0,11$) est obtenu à la plage de Stidia (station P-STD5) (Tab. 12 voir annexe II).

La valeur moyenne de largeurs moyennes des feuilles adultes obtenues au niveau de site de Stidia ($0,99 \text{ cm} \pm 0,05$) est supérieure à celle obtenue à Salamandre ($0,89 \text{ cm} \pm 1,02$) et à la plage de Petit-Port ($0,80 \text{ cm} \pm 0,04$) (Tab. 12 voir annexe II).

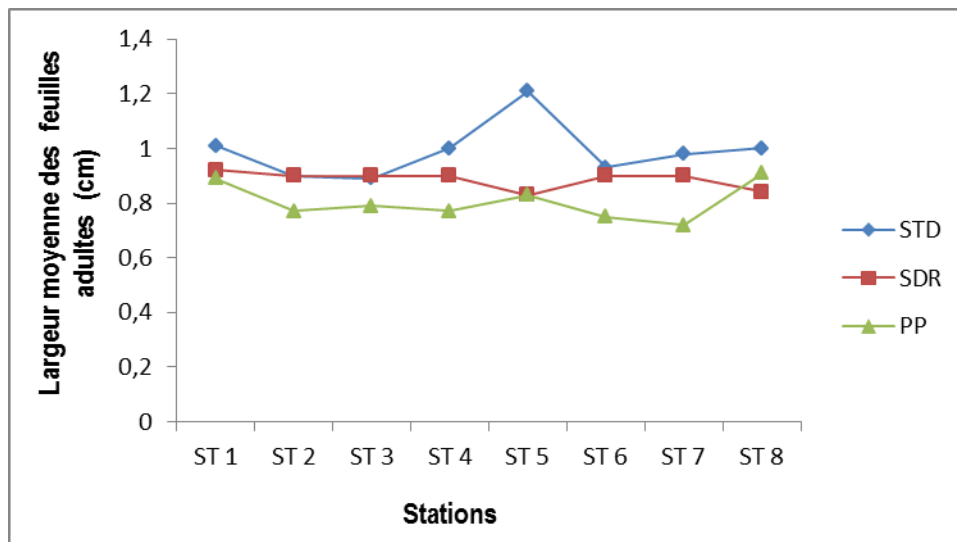


Fig. 48 : Largeur moyenne des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les valeurs extrêmes (maximum et minimum) de la largeur des feuilles adultes coïncident avec celles des feuilles globales dans les trois sites (Fig. 47 et 48). 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 pour lesquelles ce paramètre soit supérieur au niveau du site de Stidia par rapport aux deux autres sites (Fig. 48).

Les résultats indiquent des valeurs inférieures à celles obtenues par Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, par Khodja (2013) pour Cap Blanc, mais elles coïncident avec celles obtenues par Belbachir (2012) pour Stidia et Ain Hadjaj (Tab. 10).

Tableau 11 : Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles adultes de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	de la largeur moyenne des feuilles adultes (cm)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(1,21 ± 0,11) (Septembre) M (0,89 ± 0,01) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(0,92 ± 0,1) (Juin) M (0,83 ± 0,05) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(0,91 ± 0,07) (Juin) M (0,72 ± 0,07) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(1,14 ± 0,14) (Mai) M (0,9 ± 0,07) (Février) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(0,99 ± 0,07) (Mai) M (0,84 ± 0,08) (Mars) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(1,18 ± 0,04) (Mai) M (1,02 ± 0,93) (Février) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(1,15 ± 0,05) (Avril) M (0,98 ± 0,06) (Décembre) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(1,07 ± 0,03) (Janvier) M (1,05 ± 0,04) (Juin) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(1,10 ± 0,06) (Novembre) M (1,02 ± 0,03) (Septembre) m	

III.3.3.3. Largeur moyenne des feuilles intermédiaires

La largeur moyenne des feuilles intermédiaires varie notablement d'un site à un autre (ANOVA, à $P < 0,05$) ; c'est le site de Stidia qui a une largeur moyenne des feuilles intermédiaires significativement plus grande que celui des deux autres sites (Salamandre et Petit Port) (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). La valeur la plus faible ($0,68 \text{ cm} \pm 0,08$) est enregistrée au niveau de la plage de Petit Port (station P-PP7), et la valeur la plus grande ($1,01 \text{ cm} \pm 0,01$) à la plage de Stidia (station P-STD1) (Tab. 13 voir annexe II).

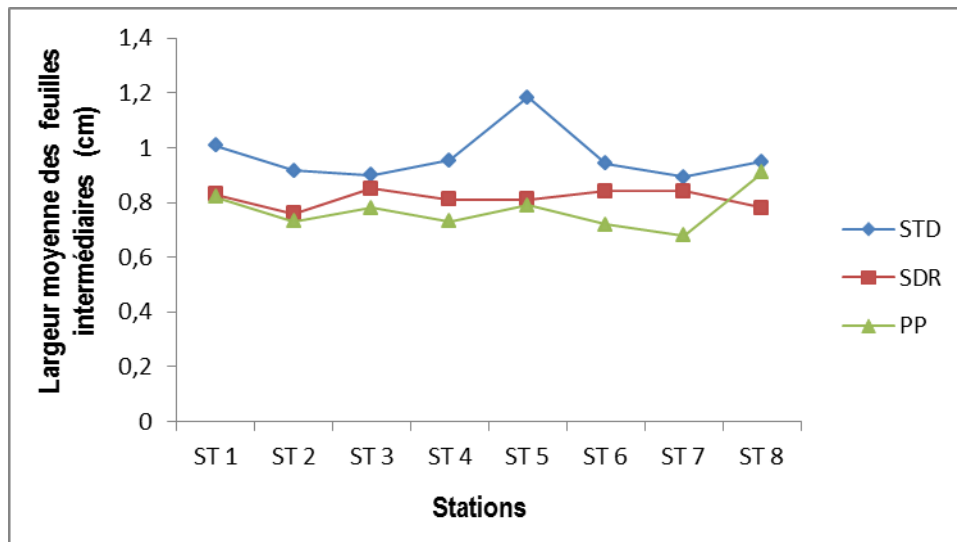


Fig. 49 : Largeur moyenne des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

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. 48 et 49).

La largeur moyenne des feuilles intermédiaires des trois sites suit le même schéma évolutif que celui des feuilles globales et des feuilles adultes (voire, figures ; 47, 48 et 49). La variation de la largeur des feuilles intermédiaires est expliquée par les conditions environnementales : la profondeur, la salinité, la température ainsi que l'effet combiné de l'enrichissement en nutriments, de la turbidité et de l'hydrodynamisme (Zieman, 1974 ; Pergent-Martini, 1994).

Les valeurs extrêmes (maximum et minimum) de la largeur des feuilles intermédiaires coïncident avec celles des feuilles globales et des feuilles adultes dans les trois sites d'étude (voire, figures ; 48, 49 et 50). Les valeurs obtenues au cours de ce travail sont en accord avec celles obtenues par Khodja (2013) pour Cap Blanc, Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, et par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 07).

Tableau 12 : Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	largeur moyen des feuilles intermédiaires (cm)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(1,01 ± 0,01) (Septembre) M (0,9 ± 0,00) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(0,85 ± 0,05) (Juin) M (0,76 ± 0,03) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(0,91 ± 0,05) (Juin) M (0,68 ± 0,08) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(1,01 ± 0,08) (Mai) M (0,81 ± 0,07) (Février) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(0,98 ± 0,09) (Juin) M (0,81 ± 0,08) (Février) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(1,05 ± 0,05) (Avril) M (0,93 ± 0,05) (Février) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(1,05 ± 0,05) (Avril) M (0,84 ± 0,28) (Juin) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(0,98 ± 0,04) (Septembre) M (0,92 ± 0,22) (Juillet) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(1,03 ± 0,04) (Juin) M (0,93 ± 0,04) (Septembre) m	

III.3.3.4. Largeur moyen des feuilles juvéniles

La largeur moyenne des feuilles juvéniles diffère nettement d'un site à un autre (ANOVA, à $P < 0,05$) ; la variation de ce paramètre permet de séparer les trois sites d'étude en deux groupes significativement différents (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). La valeur maximale ($1,3 \text{ cm} \pm 0,06$) est enregistrée à la plage de Stidia (station P-STD5) (Tab. 14 voir annexe II). La valeur moyenne de la largeur moyenne des feuilles juvéniles obtenue à la plage de Stidia ($0,92 \text{ cm} \pm 0,04$) est supérieure à celle obtenue à Salamandre ($0,76 \text{ cm} \pm 0,26$) et à la plage de Petit Port ($0,69 \text{ cm} \pm 0,04$) respectivement (Tab. 14 voir annexe II).

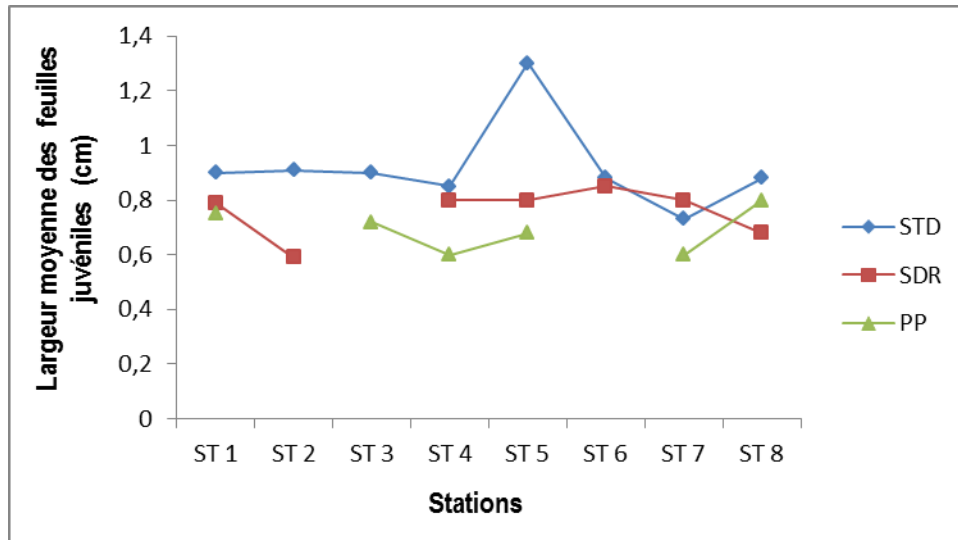


Fig. 50 : Largeur moyenne des feuilles juvéniles (FJ) de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

La largeur moyenne des feuilles juvéniles suit le même schéma évolutif que celui des feuilles globales, adultes et intermédiaires (Fig. 47, 48, 49 et 50). Les valeurs extrêmes (Maximum et minimum) de la largeur des feuilles juvéniles coïncident avec celle des feuilles globales, des feuilles adultes et des feuilles intermédiaires dans les trois sites ; Stidia, Salamandre et Petit Port (Fig. 47, 48, 49 et 50). Les valeurs obtenues dans ce travail sont supérieures à celles obtenues par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 12).

Tableau 13 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles juvéniles de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	largeur moyen des feuilles juvéniles (cm)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(1,3 ± 0,06) (Septembre) M (0,73 ± 0,06) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(0,85 ± 0,07) (Juin) M (0,59 ± 0,15) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(0,8 ± 0,00) (Juin) M (0,6 ± 0,1) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(0,8 ± 0,19) (Mars) M (0,56 ± 0,24) (Mai) m	Belbachir, 2012
	Hadjaj	0.7	(0,77 ± 0,12) (Février) M (0,45 ± 0,12) (Avril) m	

III.3.4. Surface foliaire moyenne

La surface foliaire notée SF prend en compte à la fois la longueur, la largeur et le nombre de feuilles adultes et intermédiaires ; SF est un paramètre synthétique de la physiologie de la plante (Silvestri, 1993).

III.3.4.1. Surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

La surface foliaire moyenne des feuilles globales montre une différence non significative entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P > 0,05$) ; (Tab. 26, voir annexe II). La valeur minimale de ce paramètre ($29,2 \text{ cm}^2/\text{f} \pm 8,1$) est notée à la plage de Petit Port (station P-PP7) (Tab. 19 voir annexe II).

La surface foliaire moyenne des feuilles globales est pratiquement du même ordre de grandeur au niveau des deux plages (Stidia et Petit Port) ; à Salamandre, elle est plus faible ($42,5 \text{ cm}^2/\text{f}$) (Tab. 19 voir annexe II).

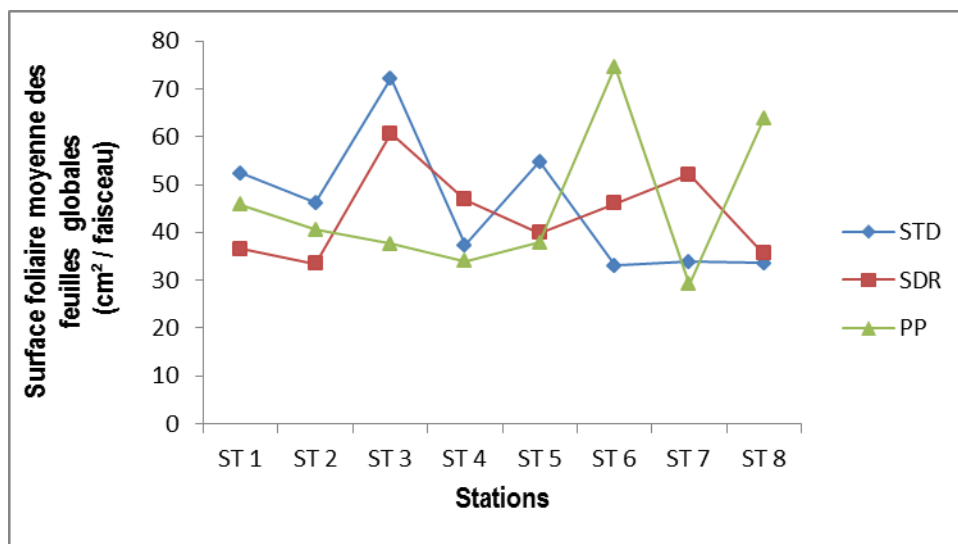


Fig. 51 : Surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les faibles valeurs de la surface foliaire moyenne des feuilles globales obtenues à Salamandre (Fig. 51), peuvent être expliquées par les concentrations élevées en nutriments provenant des rejets urbains de la ville de Salamandre. En effet, la richesse des eaux en éléments nutritifs empêche la pénétration de la lumière ; ce qui par conséquent entraîne une réduction de la photosynthèse, et donc une diminution de la croissance des feuilles de *Posidonia oceanica* (Maggi et al., 1977).

Les valeurs obtenues ici sont inférieurs à celles obtenues par Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, Khodja (2013) pour Cap Blanc, Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj et pour plusieurs régions du bassin méditerranéen à des profondeurs similaires (Tab. 12).

Tableau 14 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localités	Profondeur (m)	Surface foliaire (cm ² / faisceau)	Références
Stidia (Algérie)	3 – 4,5	45,4 (Septembre)	Présent travail
Salamandre (Algérie)	2 – 3,4	42,5 (Juin)	
Petit Port (Algérie)	1 – 3,2	45,6 (Juin)	
Cap Blanc (Algérie)	5	61,2 (Juillet) M 43,4 (Janvier) m	Khodja, 2013
	10	138,1 (Juillet) M 58,5 (Septembre) m	
Cap Carbon (Algérie)	10	99,04 (Aout) M 26,23 (Septembre) m	Chahrour, 2013
Ain Franin (Algérie)	10	90,63 (Aout) M 27,13 (Janvier) m	
Stidia (Algérie)	1.5	267,26 (Mai) M 74,79 (Février) m	Belbachir, 2012
Hadjaj (Algérie)	0.7	319,21 (Juin) M 152,80 (Février) m	
Banyulus-sur-Mer (France)	2	73 (Juillet) M 37 (Décembre) m	Pergent et Pergent-Martini, 1988
Port Cors, Var (France)	2	287 (Juillet) M 153 (Novembre) m	
Tamentfoust (Algérie)	2	186 (Juin) M 104,2 (Janvier) m	Semroud, 1993
La Marsa (Algérie)	2	165 (Juillet) M 69,4 (Octobre) m	
Port-Princes (Tunisie)	6,5	127,98*	Pergent, 1987
Tabarca (Espagne)	4	327 (Juillet) M	Sanchez Lizaso, 1993
		115 (Octobre) m	

*Moyenne annuelle

III.3.4.2. Surface foliaire moyenne des feuilles adultes

En comparant les trois sites (Stidia, Salamandre et Petit Port), la surface foliaire moyenne des feuilles adultes est différente (ANOVA, à $P < 0,05$). La variation de ce paramètre permet de séparer les trois sites d'étude en deux groupes (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). C'est le site de Stidia qui présente la valeur moyenne la plus élevée ($31,9 \text{ cm}^2/\text{f} \pm 2,48$) de la surface foliaire des feuilles adultes par rapport à celle des deux autres sites (Salamandre et Petit Port) (Tab. 16 voir annexe II).

La valeur minimale de la surface foliaire moyenne des feuilles adultes ($12,7 \text{ cm}^2/\text{f} \pm 2,7$) est notée à la plage de Petit Port (station : P-PP7). Alors que la valeur maximale ($57,4 \text{ cm}^2/\text{f} \pm 1,31$) est obtenue à la plage de Stidia (station : P-STD3) (Tab. 16 voir annexe II).

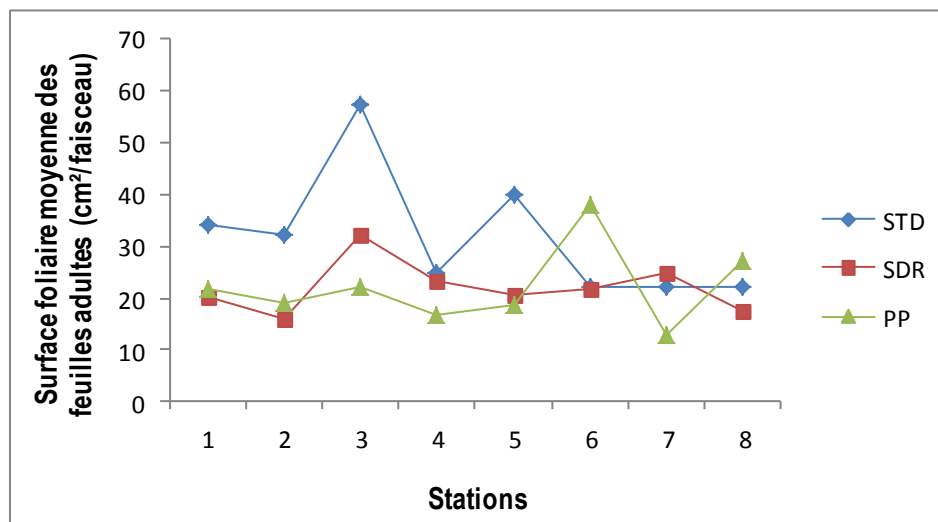


Fig. 52 : Surface foliaire moyenne des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

La surface foliaire moyenne des feuilles adultes au niveau des trois sites d'étude suit la même variation que celle des feuilles globales (Fig. 52). Les valeurs extrêmes (maximum et minimum) de la surface foliaire des feuilles adultes coïncident avec celles des feuilles globales dans les trois sites (Fig. 51 et 52). Les faibles valeurs de la surface foliaire moyenne de feuilles adultes enregistrées au niveau de Salamandre et de la plage de Petit Port (Fig. 53) peuvent être expliquées par l'enrichissement des eaux en nutriments et la turbidité qui réduisent la pénétration de la lumière et, en conséquence, la photosynthèse. Ces conditions freinent la croissance des feuilles de l'herbier (Maggi et al., 1977).

Les valeurs de la surface foliaire moyenne des feuilles adultes obtenues au cours de ce travail sont inférieures à celles obtenues par Khodja (2013) pour Cap Blanc, Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, et par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 13).

Tableau 15 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la surface foliaire moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	Surface foliaire moyenne des feuilles adultes (cm ² /f)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(57,4 ± 1,31) (Septembre) M (22,2 ± 2,57) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(32,1 ± 15,6) (Juin) M (15,9 ± 1,8) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(38,1 ± 16,8) (Juin) M (12,7 ± 2,7) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(197,76 ± 62,69) (Mai) M (36,52 ± 24,49) (Février) m	Belbachir, 2012
	Hadjaj	0.7	(265,23 ± 59,05) (Juin) M (49,53 ± 16,87) (Février) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(60,13 ± 5,52) (Aout) M (14,77 ± 1,35) (Février) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(63,94 ± 6,19) (Aout) M (12,93 ± 4,33) (Janvier) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(38,46 ± 10,54) (Juin) M (26,84 ± 7,10) (Janvier) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(71,37 ± 12,43) (Juillet) M (37,49 ± 8,41) (Septembre) m	

III.3.4.2. Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires

La surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires montre une différence insignifiante entre les trois sites d'étude (ANOVA, à P > 0,05) ; (Tab. 26, voir annexe II).

C'est la plage de Stidia qui présente la valeur moyenne la plus faible de la surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires (13,49 cm²/f ± 1,72) par rapport à la plage de Petit Port (23,3 cm²/f ± 6,39) et Salamandre (21,9 cm²/f ± 6,27) (Tab. 16 voir annexe II).

La valeur minimale de la surface foliaire moyenne des feuilles adultes ($10,8 \text{ cm}^2/\text{f} \pm 1,9$) est notée à la plage de Stidia (station P-STD6).

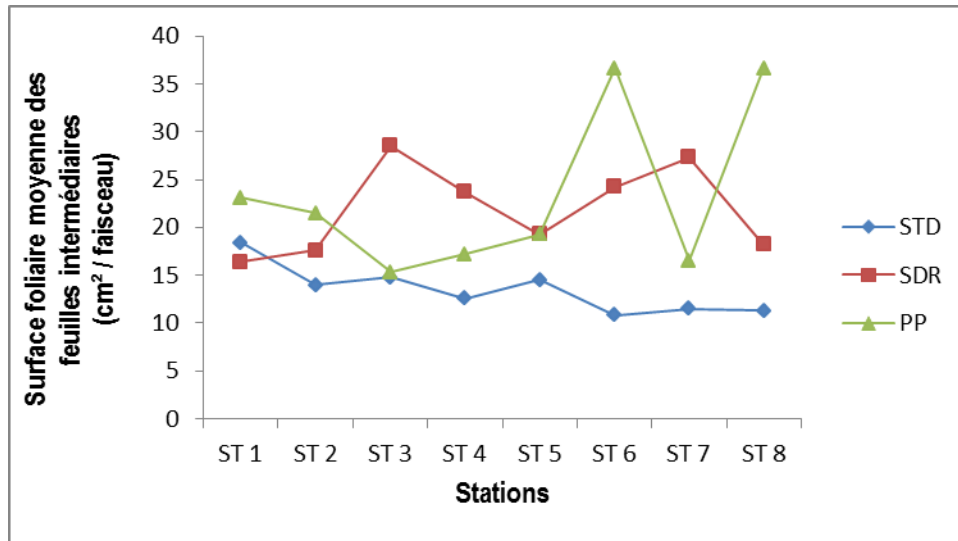


Fig. 53 : Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

La surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires au niveau des trois sites d'étude ne suit pas la même variation que celle des feuilles globales et des feuilles adultes (Fig. 53).

Les valeurs de la surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires obtenues au cours de notre travail sont inférieures à celles obtenues par Khodja (2013) pour Cap Blanc et par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj, mais ils en accord à celles obtenues par Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin (Tab. 14).

Tableau 16 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires (cm ² /f)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(18,4 ± 4,3) (Septembre) M (10,8 ± 1,9) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(28,5 ± 5,0) (Juin) M (16,4 ± 1,2) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(36,6 ± 18,9) (Juin) M (10,8 ± 1,9) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(86.21 ± 45.56) (Avril) M (22.31 ± 17.30) (Mars) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(112.89 ± 30.97) (Février) M (23.63 ± 15.56) (Juin) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(36,58 ± 4,42) (Mai) M (7,03 ± 2,49) (Octobre) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(44,76 ± 16,15) (Aout) M (12,90 ± 2,18) (Janvier) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(24,55 ± 9,92) (Juillet) M (16,27 ± 10,94) (Mars) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(66,68 ± 16,20) (Juillet) M (21,57 ± 4,77) (Septembre) m	

III.3.4.3. Surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles

La surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles est montrée une différence significative entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P < 0,05$) ; la variation de ce paramètre permet de séparer les trois sites d'étude en deux groupes significativement différents (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). La valeur la plus faible de la surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles ($0,9 \text{ cm}^2/\text{f} \pm 0,00$) est enregistrée au niveau de la plage de Petit Port (station P-PP8). Alors que la valeur maximale ($3 \text{ cm}^2/\text{f} \pm 1,54$) est notée à la plage de Stidia (station P-STD6) (Tab. 18 voir annexe II).

C'est le site de Petit Port qui présente la valeur moyenne la plus faible de la surface foliaire des feuilles juvéniles ($1,54 \text{ cm}^2/\text{f} \pm 0,34$) par rapport aux deux autres sites (Stidia et Salamandre) (Tab. 18 voir annexe II).

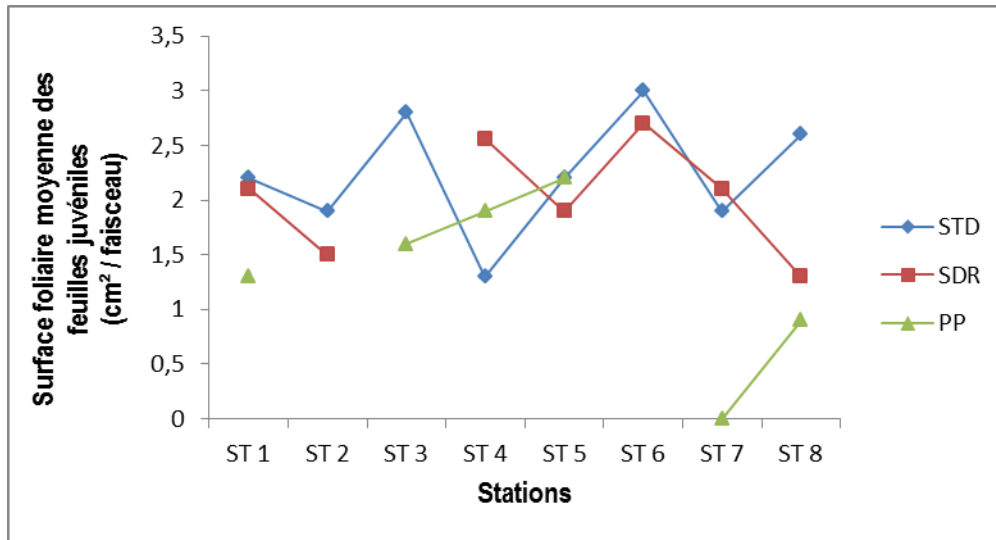


Fig. 54 : Surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les valeurs obtenues au cours de ce travail sont en accord avec celles obtenues par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 15).

Tableau 17 : Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la largeur moyen des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	Surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles (cm ² /f)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(3 ± 1,54) (Septembre) M (1,3 ± 0,44) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(2,7 ± 1,1) (Juin) M (1,3 ± 0,8) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(2,2 ± 0,4) (Juin) M (0,9 ± 0,00) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(2,72 ± 1,20) (Février) M (0,41 ± 0,23) (Avril) m	Belbachir, 2012
	Hadjaj	0.7	(2,89 ± 1,68) (Juin) M (0,13 ± 0,11) (Mars) m	

III.3.5. Coefficient A moyen

Le coefficient A de Giraud (1977a) correspond au pourcentage de feuilles ayant perdues leur apex. L'état des apex apporte des renseignements, pour un site donné, sur le taux de prédation par des consommateurs (Velimerov, 1984 ; Zupo et Fresi, 1984 ; Verlaque, 1987) ou l'action de l'hydrodynamisme (Mazzella et al., 1981 ; Witman et al., 1981).

III.3.5.1. Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

Le Coefficient A moyen des feuilles globales diffère considérablement entre les trois sites d'étude (Stidia, Salamandre et Petit Port (ANOVA, à $P < 0,05$)). La variation de ce paramètre permet de séparer les trois sites d'étude en deux groupes différents (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). C'est le site de Stidia qui présente des valeurs moyennes du coefficient A plus faibles par rapport aux deux autres sites (Tab. 25 voir annexe II).

La valeur minimale ($9,3 \% \pm 0,16$) est notée à la plage de Stidia (station P-STD8), et la valeur maximale ($85 \% \pm 0,02$) à Salamandre (station P-SDR6) (Tab. 25 voir annexe II).

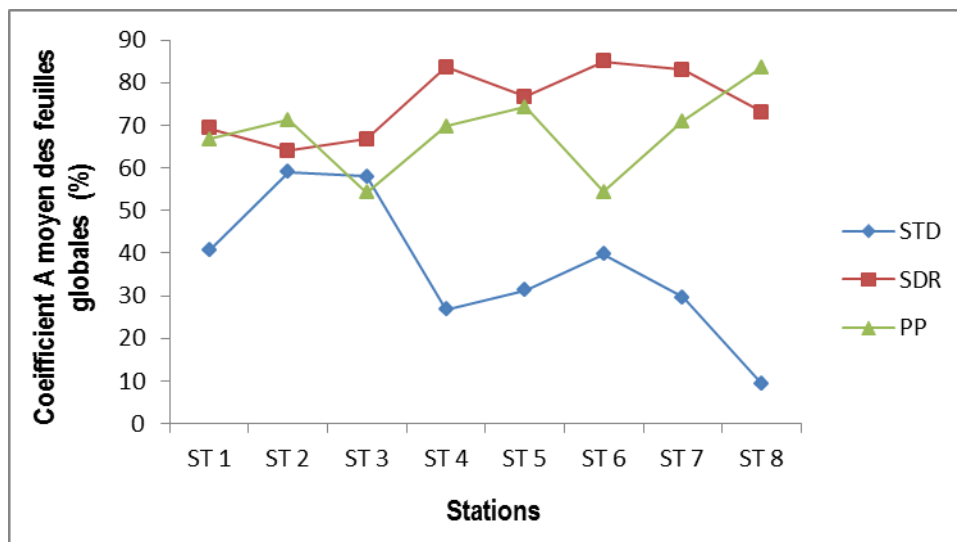


Fig. 55 : Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Le Coefficient A moyen des feuilles globales présente des valeurs élevées au niveau des trois sites d'étude. Cela est due au fait que lors de l'échantillonnage, les conditions environnementales, à savoir la luminosité et la température de l'eau, étaient très favorables au développement des épiphytes (Alcovero et *al.*, 1997 ; Lepoint et *al.*, 1999). Cela entraîne une consommation importante des feuilles de posidonie par les herbivores représentés par l'échinoderme *Paracentrotus lividus* (Verlaque et Nedelec, 1983 ; Zupo et Fresi, 1984 ; Ruiz Fernandez, 2000) et le poisson *Sarpa Salpa* (Verlaque, 1990 ; Ruiz Fernandez, 2000). En plus du broutage par les herbivores, l'intense hydrodynamisme a également contribué à obtenir ces valeurs élevées du coefficient A (Eugene, 1978 ; Mazzella et *al.*, 1981 ; Wittmann et *al.*, 1981a).

Les valeurs les plus élevées du Coefficient A sont mesurées au niveau du site de Salamandre (Fig. 55) où la communauté des épiphytes est très présente. Probablement, les eaux chargées en nutriments provenant des rejets domestiques de la ville de Salamandre, du port de Salamandre et de la petite plage « la crique » adjacente à ce site ont contribué au développement des épiphytes des feuilles de la posidonie. En effet, l'épiphytisme augmente avec l'apport important en nutriments (Moor et Wetzel, 2000), ce qui favoriserait évidemment un important broutage, et par conséquent des valeurs plus élevées du coefficient A.

Les valeurs du coefficient A des feuilles globales obtenues dans ce travail coïncident avec celles enregistrées à des profondeurs comparables dans plusieurs régions du bassin méditerranéen (Tab. 16).

Tableau 18 : Coefficient A des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica*. Valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.

Localités	Profondeur (m)	Coefficient A (en %)	Références
Stidia (Algérie)	3 – 4,5	52,6 (Septembre)	Présent travail
Salamandre (Algérie)	2 – 3,4	98,6 (Juin)	
Petit Port (Algérie)	1 – 3,2	98,1 (Juin)	
Cap Blanc (Algérie)	5	72,45 (Juillet) M 40,37 (Novembre) m	Khodja, 2013
	10	81,82 (Juillet) M 40,37 (Novembre) m	
Cap Carbon (Algérie)	10	82,09 (Aout) M 24,77 (Février) m	Chahrour, 2013
Ain Franin (Algérie)		80,39 (Aout) M 7,37 (Février) m	
Stidia (Algérie)	1.5	93,8 (Juin) M 68,1 (Février) m	Belbachir, 2012
Hadjaj (Algérie)	0.7	81,4 (Avril) M 57,4 (Février) m	
Ile de Rachgoun (Algérie)	2 – 3	100 (Janvier, Février et Avril) M	Tektek, 2012
Cap Carbon (Algérie)	2 – 3	66,46 (Avril)	Halouche et Khodja, 2010
Anse de Kouali (Algérie)	2	80,42 (Juin) M 27,14 (Novembre) m	Boumaza, 1995
Tamentfoust (Algérie)	2	186 (Avril) M 39 (Juin) m	Semroud, 1993
La Marsa (Algérie)	2	88 (Avril) M 65 (Janvier) m	
Port-Cros (France)	6,5	51,2*	Pergent et Pergent-Martini, 1988

*Moyenne annuelle

III.3.5.2. Coefficient A moyen des feuilles adultes

Le Coefficient A moyen des feuilles adultes varie significativement entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P < 0,05$). La variation de ce paramètre permet de séparer les trois sites d'étude en deux groupes différents. C'est le site de Stidia qui présente des valeurs moyennes du coefficient A les plus faibles par rapport aux deux autres sites (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II).

Les valeurs les plus faibles du coefficient A des feuilles adultes sont obtenues au niveau du site de Stidia (Fig. 56), dont la valeur minimale ($16,7\% \pm 0,30$) est enregistrée à la station (P-STD8) (Tab. 23 voir annexe II). Alors que dans les deux autres sites (Petit Port et Salamandre), l'apex des feuilles adultes est presque toujours cassé.

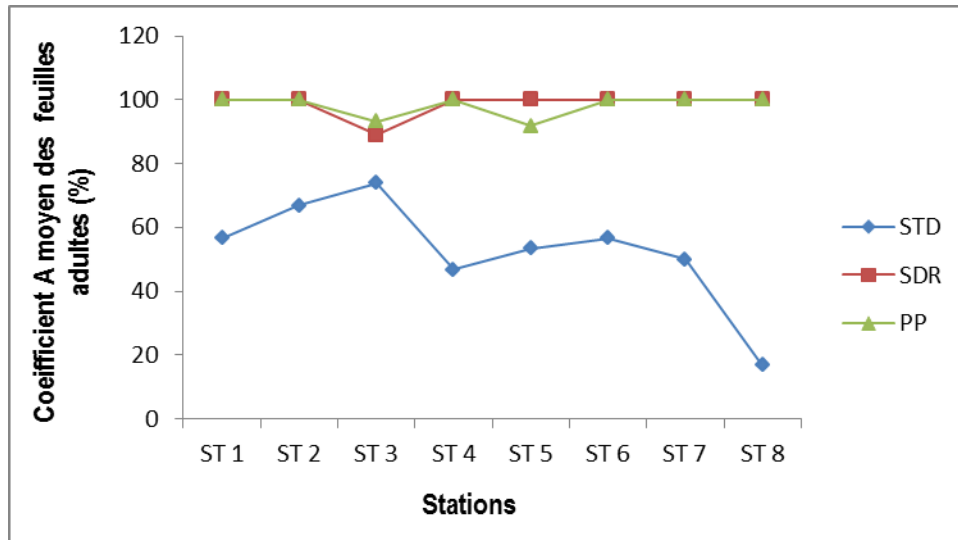


Fig. 56 : Coefficient A moyen des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les résultats du coefficient A moyen des feuilles adultes (Fig. 56) 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 du coefficient A des feuilles adultes qu'on a obtenues dans notre travail, sont similaires à celles obtenues par Khodja (2013) pour Cap Blanc, par Chehrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, ainsi que à celles obtenues par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 17).

Tableau 19 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du coefficient A moyen des feuilles globales adultes de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	Coefficient A moyen des feuilles adultes (%)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(74 ± 0,06) (Septembre) M (16,7 ± 0,30) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(100 ± 0,00) (Juin) M (89 ± 0,19) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(100 ± 0,00) (Juin) M (91,7 ± 0,14) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(100 ± 0,00) (Avril-Mai) M (90 ± 7,14) (Février) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(100 ± 0,00) (Avril-Mai) M (82,4 ± 6,32) (Février) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	90,91 (Juillet) M 42,17 (Février) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		100 (Juin) M 35,13 (Janvier) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	98,08 (Décembre) M 71,43 (Février) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	72,09 (Juillet) M 10,61 (Novembre) m	

III.3.5.2. Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires

Le Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires varie de manière notable d'un site à un autre (ANOVA, à $P < 0,05$). La variation de ce paramètre permet de séparer les trois sites d'étude en deux groupes significativement différents (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II). C'est le site de Stidia qui présente des valeurs moyennes du coefficient « A » les plus faibles ($21\% \pm 0,13$) par rapport aux deux autres sites (Tab. 24 voir annexe II).

Le minimum de ce paramètre ($0\% \pm 0,00$) est noté à la plage de Stidia (station P-STD8), alors que le maximum ($72,3\% \pm 0,00$) est obtenu à Salamandre (station P-SDR4) (Tab. 24, voir annexe II).

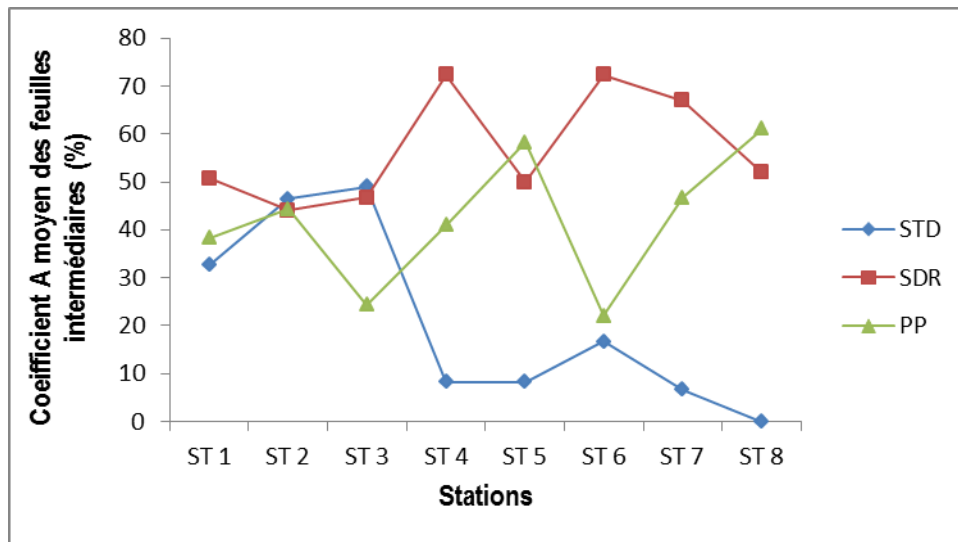


Fig. 57 : Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Le Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires est nettement plus faible que celui des feuilles adultes dans les trois sites d'étude (Fig. 56 et 57). En effet, les feuilles intermédiaires sont plus jeunes et mieux protégées de l'action des prédateurs du fait de leur position à l'intérieur du faisceau (Giraud, 1977a ; Biua et *al.*, 1985 ; Pergent et Pergent-Martini, 1988).

Les résultats du coefficient A moyen des feuilles intermédiaires (Fig. 57) sont expliqués par les mêmes raisons qui ont induit la variation spatio-temporelle de ce paramètre chez les feuilles globales et les feuilles adultes de *Posidonia oceanica*.

Les valeurs du coefficient A des feuilles adultes obtenues dans ce travail sont similaires à celles obtenues par Khodja (2013) pour Cap Blanc, par Chehrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, et par Belbachir (2012) pour Stidia et Hadjaj (Tab. 18).

Tableau 20 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) du coefficient A moyen des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires (%)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	(49 ± 0,11) (Septembre) M (0 ± 0,00) (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	(72,3 ± 0,25) (Juin) M (44 ± 0,17) (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	(61 ± 0,35) (Juin) M (22 ± 0,19) (Juin) m	
Mostaganem (Algérie)	Stidia	1.5	(76,6 ± 41,74) (Mai) M (28,3 ± 25,29) (Juin) m	Belbachir, 2012
	Hadjadj	0.7	(55,8 ± 34,28) (Avril) M (10 ± 9,05) (Juin) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(80,39) (Aout) M (1,08) (Décembre) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		76,12 (Juin) M 0,00 (Mars-Février) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(50,00) (Juillet) M (4,69) (Novembre) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(95,45) (Février) M (55,17) (Septembre) m	

III.4. Biomasse

La valeur de la biomasse moyenne des feuilles de l'herbier de posidonie et celle de leur épiphytes sont exprimées en poids sec en (mg)/faisceau (mgPs/f). La biomasse présente des variations temporelles (saisonniers, annuelles, interannuelles) et spatiales (horizontales et verticales) influencées par les facteurs abiotiques (nutriments et facteurs physiques) et biotiques (chaîne trophique et compétition) (Philips et Menez, 1988).

III.4.1. Biomasse des feuilles

La biomasse des feuilles de *Posidonia oceanica* montre des différences significatives entre les trois sites d'étude (Stidia, Salamandre et Petit Port (ANOVA, à $P < 0,05$)) ; la variation de ce paramètre permet de séparer les trois sites d'étude en deux groupes significativement différents (test de Newman-Keuls et test HSD de Tukey /Tab. 26, voir annexe II).

C'est le site de Stidia qui présente les valeurs les plus élevées de la biomasse moyenne des feuilles de posidonie (1133,3 mg Ps/faisceau) par rapport aux deux autres sites (Salamandre (753,7 mg Ps/f) et plage de Petit Port (743,2 mg Ps/faisceau)) qui présentent des valeurs très faibles (Tab. 23, voir annexe II).

La valeur minimale de la biomasse des feuilles (490 mg Ps/f) est enregistrée à la plage de Petit Port (station P-PP6), et la valeur maximale (1990 mg Ps/f) à la plage de Stidia (station P-STD8) (Tab. 23, voir annexe II).

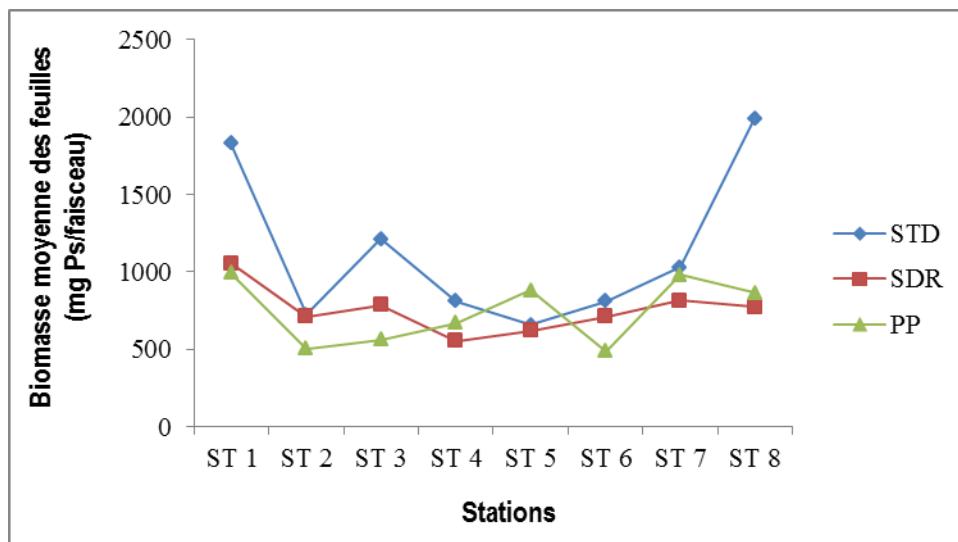


Fig. 58 : Biomasse moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Cette disparité de la biomasse moyenne des feuilles de *P. oceanica* obtenue entre le site de Stidia et les deux autres sites (Salamandre et petit Port) (Fig. 58) peut être expliquée par la différence de la qualité des eaux qui existe entre ces deux derniers sites et celui de la plage de Stidia (bonne qualité), car il est moins chargé en nutriments ou bien en polluants d'origine domestiques ou industriels. En conséquence, l'intensité lumineuse qui atteint la surface des feuilles de l'herbier de posidonie au niveau de la plage de Stidia est très importante ; elle favorise une croissance plus rapide des pousses et donc des valeurs élevées de la biomasse des feuilles. Alcovero et al., (1995) mettent en évidence une relation directe entre l'intensité lumineuse et la taille des pousses.

Dans l'ensemble, les résultats de ce travail sont comparables à ceux de Chahrour (2013) pour Cap Carbon et Ain Franin, mais ils sont différents (valeurs inférieures) de ceux obtenus par Khodja (2013) pour Cap Blanc (Tab. 19).

Tableau 21 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la biomasse moyenne des feuilles de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	biomasse moyenne des feuilles (mg Ps/f)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	1990 (Septembre) M 656,7 (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	1056,7 (Juin) M 556,7 (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	993 (Juin) M 490 (Juin) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(1651,95 ± 492,45) (Juillet) M (106,08 ± 12,24) (Novembre) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(1590,05 ± 494,72) (Aout) M (166,31 ± 46,70) (Janvier) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(1990 ± 650) (Mai) M (910 ± 360) (Janvier) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(4460 ± 690) (Aout) M (160 ± 610) (Janvier) m	

III.4.2. Biomasse des épiphytes des feuilles

La différence de la biomasse des épiphytes des feuilles est insignifiante entre les trois sites d'étude (Stidia, Salamandre et Petit Port (ANOVA, à $P > 0,05$)) (Tab. 26, voir annexe II). La valeur la plus grande de la biomasse des feuilles (101,7 mg Ps/f) est obtenue à Salamandre (station P-SDR6) (Tab. 24, voir annexe II). La valeur moyenne de la biomasse des épiphytes des feuilles provenant de l'herbier de Salamandre (62,7 mg Ps/f) est supérieure à celle de l'herbier provenant de la plage de Stidia (35,9 mg Ps/faisceau) et de la plage de Petit Port (30 mg Ps/f).

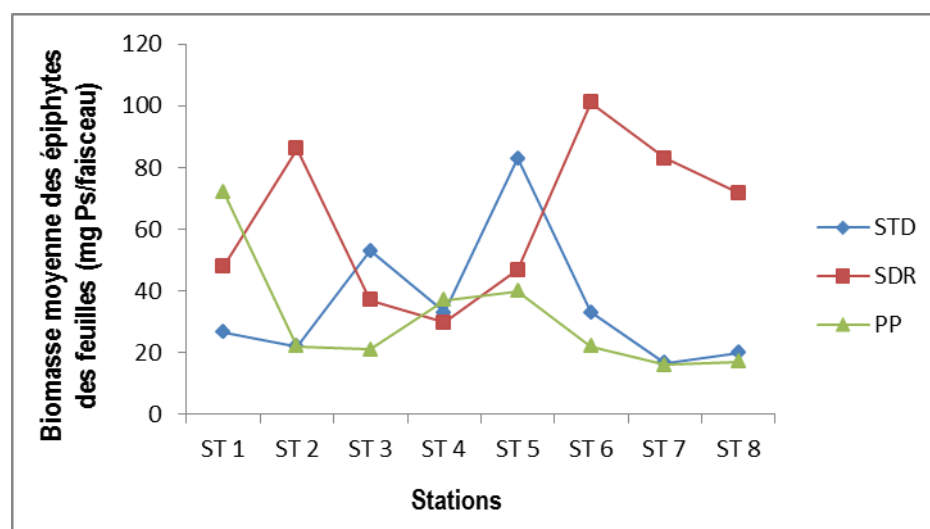


Fig. 59 : Biomasse moyenne des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les valeurs élevées de la biomasse des épiphytes enregistrées dans le site de Salamandre peuvent être expliquées par les fortes concentrations en nutriment résultant des rejets urbains de la ville de Salamandre.

Les variations saisonnières et spatiales de la biomasse des épiphytes sont dues essentiellement aux algues brunes (*Sphacelaria*, *Gyraudia*, *Castagneae*) ou algues rouges (*Ceramium*) qui sont des macroalgues. Car les algues encroûtantes, les *Corallinacées* (*Fosliella sp.* et *Pneophyllum sp.*) et les Diatomées sont les composantes essentielles de la communauté épiphytique le long de l'année et à toutes les profondeurs (Mazzella et al., 1993).

Nos résultats sont largement inférieurs à celles obtenues par Chahrour (2013) à Cap Carbon et Ain Franin, mais ils sont supérieurs à celles obtenues par Khodja (2013) à Cap Blanc (Tab. 20).

Tableau 22 : valeurs extrêmes (Maximum : M ; minimum : m) de la biomasse moyenne des épiphytes des feuilles de *P. oceanica* relevées dans la littérature.

Localité		Prof (m)	biomasse moyenne des épiphytes des feuilles (mg Ps/f)	Références
Mostaganem (Algérie)	Stidia	3.6	83,00 (Septembre) M 16,7 (Septembre) m	Présent travail
	Salamandre	2.8	101,7 (Juin) M 29,7 (Juin) m	
	Petit-Port	2.1	72,00 (Juin) M 16 (Juin) m	
Oran (Algérie)	Cap Carbon	10	(1071,05 ± 192,64) (Juillet) M (134,14 ± 104,91) (Octobre) m	Chahrour, 2013
	Ain Franin		(252,84 ± 90,69) (Septembre) M (22,06 ± 10,18) (Janvier) m	
Oran (Algérie)	Cap Blanc	5	(20,00 ± 15,00) (Mai) M (10,00 ± 6,00) (Juin) m	Khodja, 2013
	Cap Blanc	10	(40,00 ± 20,00) (Septembre) M (10,00 ± 20,00) (Janvier) m	

III.5. Taux de matière organique dans le sédiment

Le taux de matière organique contenue dans le sédiment diffère significativement entre les trois sites d'étude (ANOVA, à $P < 0,05$) (Tab. 26, voir annexe II). Le minimum de ce paramètre (1,25 %) est mesurée au niveau de la plage de Petit Port (station : S-PP8), alors que la valeur maximale (3,33 %) à Salamandre (Station : S-SDR6) (Tab. 25, voir annexe II).

La valeur moyenne du taux de matière organique contenue dans le sédiment de Salamandre (2,76 %) est supérieure à celle obtenue à la plage de Stidia (2,53%) et à la plage de Petit Port (2,09%) (Tab. 25, voir annexe II).

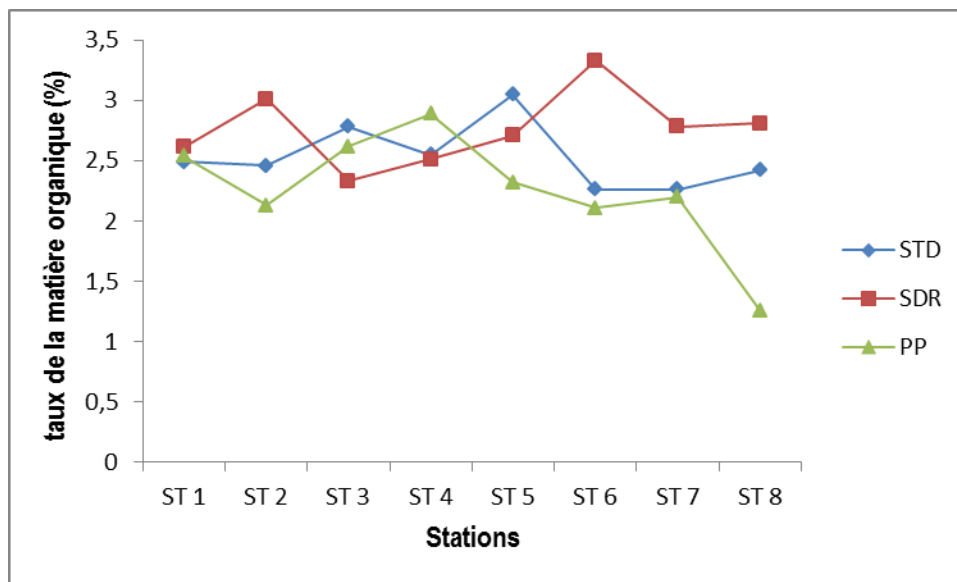


Fig. 60 : Taux de la matière organique contenue dans le sédiment dans les stations de Stidia, Salamandre et Petit Port.

Les valeurs élevées du taux de matière organique contenu dans le sédiment obtenues au niveau de Salamandre (Fig. 60) sont dues à la mauvaise qualité de l'eau de ce site du fait qu'il soit plus exposé aux perturbations anthropiques par rapport aux deux autres sites. En effet, les rejets urbains et d'autres activités anthropiques peuvent accroître la charge des eaux côtières en particules en suspension, en nutriments et en matière organique dissoute ou particulaire.

III.6. Relation entre le taux de matière organique contenue dans le sédiment et la biomasse des épiphytes des feuilles de *P. oceanica*

Le taux de la matière organique contenue dans le sédiment est significativement corrélé avec la biomasse des épiphytes des feuilles de posidonie au niveau des trois sites ($r = 0,91$ à la plage de Stidia, voir fig. 61), ($r = 0,90$ à Salamandre, voir fig. 62) et ($r = 0,84$ à la plage de PetitPort, voir fig. 63). Donc, si la biomasse des épiphytes augmente, le taux de matière organique contenue dans le substrat de l'herbier augmente.

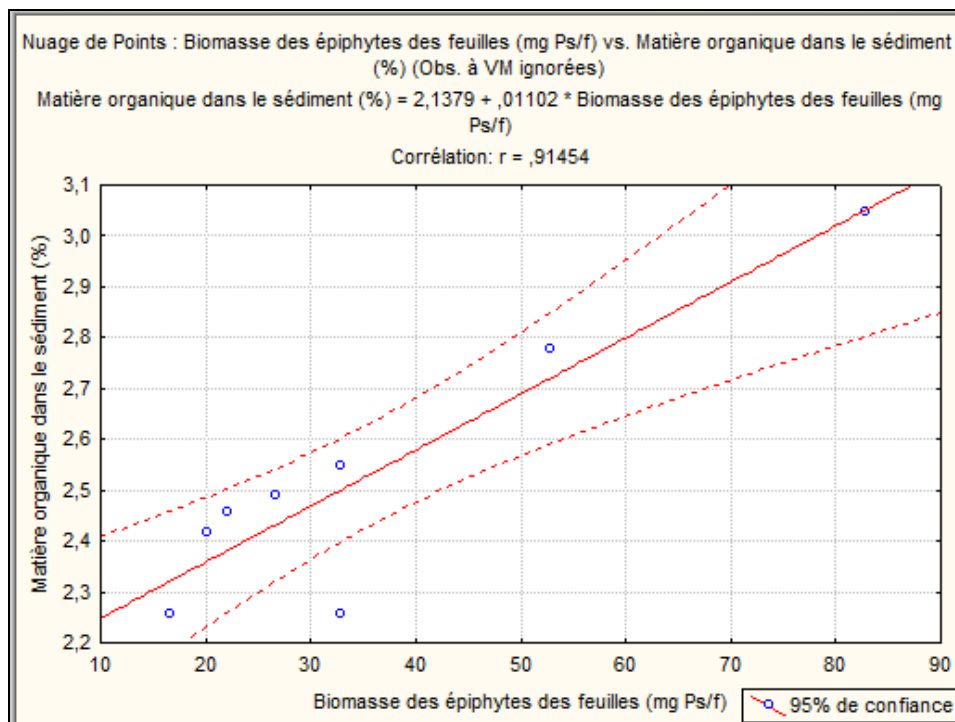


Fig. 61 : Corrélation entre le taux de matière organique contenue dans le sédiment et la biomasse des épiphytes des feuilles (plage de Stidia).

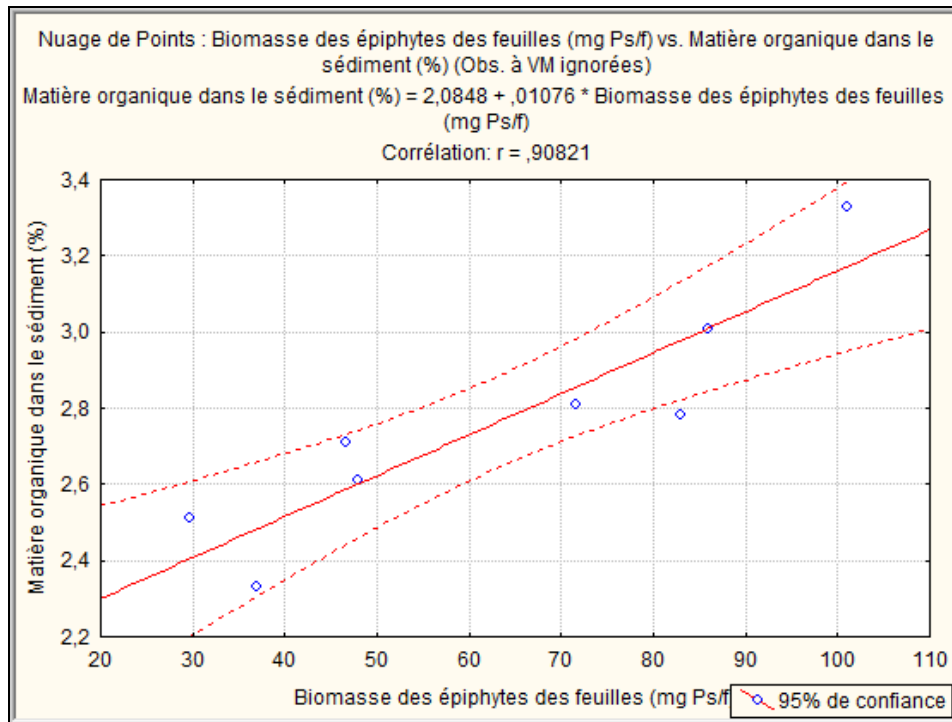


Fig. 62 : Corrélation entre le taux de matière organique contenue dans le sédiment et la biomasse des épiphytes des feuilles (plage de Salamandre).

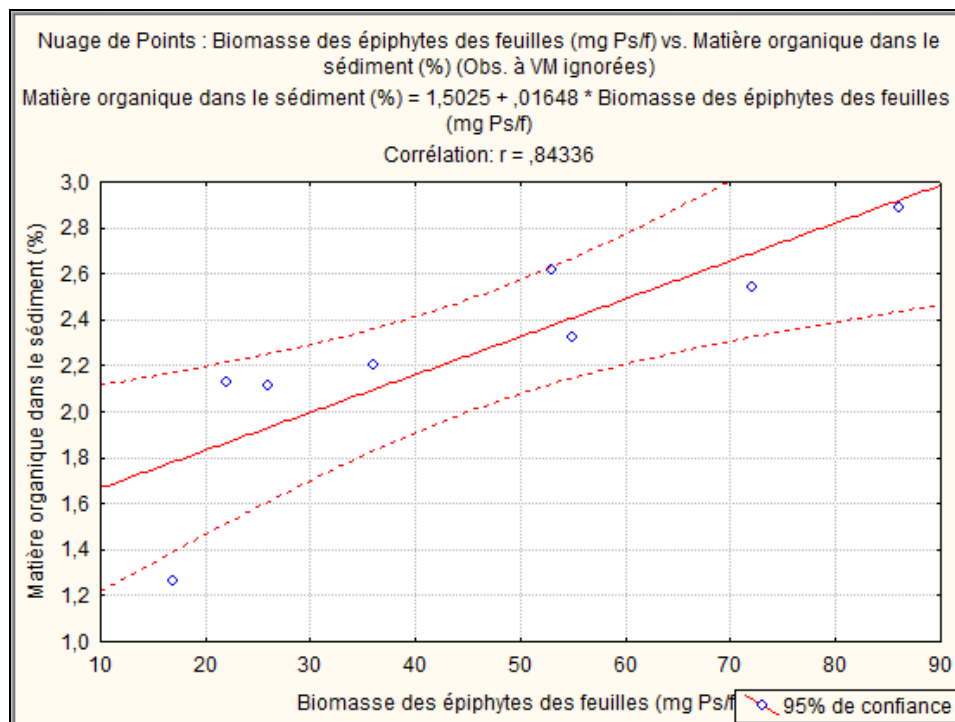


Fig. 63 : Corrélation entre le taux de matière organique contenue dans le sédiment et la biomasse des épiphytes des feuilles (plage de Petit Port).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'étude a permis l'identification des principaux épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans trois sites de la frange côtière de Mostaganem (Plage de Stidia, Salamandre et Plage de Petit Port) et leur taux de recouvrement pour chacun des sites. Elle a permis également d'établir une corrélation entre la biomasse des épiphytes des feuilles de l'herbier et le taux de matière organique contenue dans le substrat de ce dernier.

Les caractéristiques morphologiques de l'herbier de posidonie au niveau de la plage de Stidia ressemble à un herbier de plaine, mais à faible recouvrement. Alors que, celles de l'herbier de Salamandre et de la plage de Petit Port, ne ressemblent à aucun des 7 types d'herbiers décrits par Boudouresque et *al.*, (2006). Les herbiers de Salamandre sont constitués de plusieurs touffes (ou taches) plus au moins circulaires et de petite dimension (une dizaine de m² au maximum). Alors que, l'herbier de la posidonie de la plage de Petit Port forme plutôt des taches entre les quelles apparaît un fond meuble avec quelques éboulis. Cette structure en tache de l'herbier de posidonie de Salamandre et de la Plage de Petit Port reflète une perturbation d'origine anthropique de la zone ; chacun des deux sites étant situé près d'un port. Il n'est pas à exclure que le fort hydrodynamisme soit responsable de la faible présence des herbiers de posidonie dans ces deux sites.

Pour les trois sites d'étude, 18 espèces de faune et de flore épiphytes ont été identifiées. Elles appartiennent à 5 groupes taxonomiques différents dont les plus dominants sont les Bryozoaires et les Hydrozoaires. *Electra posidonia* (bryzoaire) est l'espèce la plus répandue : elle occupe presque la moitié de la surface des feuilles de la posidonie. Elle est présente dans toutes les stations et à toutes les profondeurs d'échantillonnage (de 1 jusqu'à 5 m). D'autres groupes beaucoup moins répandus ont également été identifiés. Il s'agit des mollusques, des polychètes et des macro-algues (rhodophycées).

L'étude des paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica* a permis de mettre en évidence une différence significative entre les trois sites d'étude. Par rapport aux sites de Salamandre et Petit Port, l'herbier de posidonie de la plage de Stidia semble être en bon état de conservation du fait qu'il présente les meilleures valeurs des paramètres phénologiques. Les nutriments provenant par des effluents d'origines anthropiques constituent vraisemblablement la source principale des faibles valeurs des paramètres phénologiques obtenues à Salamandre et à la Plage de Petit Port.

Comparé avec la Plage de Stida et celle de Petit Port, le taux de recouvrement des feuilles par les épiphytes est très élevé à Salamandre. Les feuilles sont recouvertes complètement par les épiphytes, ceux qui les rendent attrayantes pour les herbivores. De ce fait, les feuilles en question sont généralement bien broutées par la faune et deviennent sensibles aux effets de l'hydrodynamisme.

Pour les trois sites, une corrélation positive a été trouvée entre la biomasse des épiphytes des feuilles de la posidonie et le taux de matière organique contenue dans le sédiment de l'herbier. Donc, on peut conclure que la biomasse des épiphytes des feuilles contribue à l'apport de la matière organique contenue dans le substrat de l'herbier.

Il est fort recommandé de continuer la recherche sur la relation entre les épiphytes et la matière organique contenue dans le substrat de l'herbier en développant les points suivants : Augmenter le nombre de stations de prélèvements (échantillonnage) pour améliorer la représentativité des résultats;

Les prélèvements devraient être réalisés durant toute l'année afin de déterminer l'évolution du recouvrement des feuilles de posidonie par les épiphytes ;

Étudier également les autres facteurs qui agissent sur le taux de la matière organique dans le sédiment de l'herbier tels que l'oxygène dissous et la matière en suspension ; ces facteurs n'ont malheureusement pas pu être mesurés faute d'équipement approprié.

Échantillonner à des profondeurs supérieures à celles qui ont fait l'objet du présent travail ;

D'autres sites de la côte Ouest algérienne devraient être également échantillonnés ;

Prendre en considération l'influence de la pollution sur le taux de la matière organique contenue dans le sédiment.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Référence bibliographiques

- Acunto S., Piazzì 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.
- 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., Duarte C.M., Romero J., (1995).** Annual growth dynamics of *Posidonia oceanica*: contribution of large-scale versus local factors to seasonality. *Mar. Ecol. Prog. Ser* **120**: 203-210.
- Alcoverro T., Duarte C.M., Romero J., (1997).** The influence of herbivores on *Posidonia oceanica* epiphytes. *Aquat. Bot.*, **56(2)**: 93-104.
- 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., Manzanera M., Romero J., (1998).** Seasonal and age-dependent variability of *Posidonia oceanica* (L.) Delile photosynthetic parameters. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **230 (1)**: 1-13.
- 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.
- Aleem A.A., (1955).** Structure and evolution of the sea grass communities *Posidonia* and *Cymodocea* in the southeastern Mediterranean. Essays in the natural Sciences in Honor of Captain Allan Hancock, *Univ. California publ.*: 279-298.
- Ami D., Boudouresque C.F., (2002).** Valuing benefits from protecting the seagrass *Posidonia oceanica* beds in the Mediterranean Sea. *Conference on Risk and Uncertainty in Environmental and Ressource Economics*, Wageningen University, The Netherlands: 1-7.
- 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, lies aux techniques d'endiguage, 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., (1979). Premières observations sur l'herbier de Posidonies et le détritique côtier de l'île du Levant (Méditerranée, France), à l'aide du "sous-marin" Griffon de la Marine Nationale. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, **5**: 141-153.

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. edits. *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.

Augier H., Giglio Y., Ramonda G., (1987). Peintures anti-fouling et herbier à *Posidonia oceanica*. GIS Posidonie & Fac. Sci. Luminy Publ.: 1-94.

Balancier B., (2004). Variation spatiotemporelle de l'épifaune de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en baie de Calvi (Corse). Etude préliminaire de l'influence des conditions environnementales sur la composition spécifique. *Mémoire de Licence, Université de Liège* : 47 pp.

Balduzzi A., Barbieri M., Gristina M., (1991). Morphology and life strategies of Aetea (Bryozoa: Cheilostomata) living on some Western Mediterranean *Posidonia oceanica* meadows. *Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest Fr. Mém. HS* **1**: 1-12.

Balestri E., Cinelli F., Piazzì 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.

Ballesteros E., (1987). Estructura i dinàmica del poblament algal de les fulles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile als herbeis de Tossa de Mar (Girona). *Bull. Inst. catal. Hist. nat.*, **54(6)**: 13-30.

Ballesteros E., Cebrian E., Garcia-Rubies A., Alcoverro T., Romero J., Font X., (2005). Pseudo viviparity, a new form of asexual reproduction in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Botanica Marina*, **48**: 175-177.

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.

- Belbachir N., (2012).** 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. *Mémoire de magister en Ressources Halieutiques*. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 1-134.
- 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.
- Belgacem W., Ghrairi H., Ben Hassine O.K., (2007).** Etude lépidochronologique d'un herbier de Posidonie à Ras Jebel (Nord-Est de la Tunisie) : *Phénologie et diversité des macro invertébrés*. *Proceeding of the 3rd Mediterranean symposium on marine végétation* (Marseille, 27-29 March 2007).
- Belkhamssa F.Z.S., (2012).** Biodiversité associée à l'herbier de *Posidonia oceanica* / plage de Stidia / côte Ouest de Mostaganem. *Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie*. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 1-69.
- Bell S.S., Walters K., Kern J.C., (1984).** Meiofauna from seagrass habitats: *a review and prospectus for future research*. *Estuaries*, **7 (4A)**: 331-338.
- Ben Alaya H., (1972).** Répartition et conditions d'installation de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* Ascherson dans le golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salammbô*, **2(3)**: 331-416.
- Bianchi C.N., Peirano A., (1995).** Atlante delle Fanerogame marine del la Liguria. *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*. Centro Ricerche Ambiente Marino, ENEA publ., *La Spezzia, Ital.*: 1-146.
- Blanc J.J., Jeudy De Grissac A., (1978).** Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de la Provence. Contrat CNEXO 76/4043, 77/4074. Centre nation. Exploit. *Océans publ.*, Fr.: 1-185, i-vii, 42 pl. h.t.
- Blanc j.J., Jeudy De Grissac A., (1989).** Réflexion géologique sur la régression des herbiers à Posidonies (départements du Var et des Bouches-du-Rhône). *In*: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. édits. *Second international Workshop on Posidonia beds, GIS Posidonie publ.*, Fr., **2**: 273-285.
- Blanc-Vernet L., (1984).** Les foraminifères de l'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : Analyse des assemblages, aspects régionaux, application aux microfaunes fossiles. *International Workshop Posidonia oceanica beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A et Olivier J. edit., *GIS Posidonie publ.*, Fr., **1**: 3-14.
- Boero F., (1981).** Systematics and Ecology of the Hydroid Population of two *Posidonia oceanica* Meadows. *P.S.Z.N. I: Marine Ecology*, **2 (3)**: 181-197.

- Borowitzka M.A., Lethbridge R.C., (1989).** Seagrass epiphytes. *In*: Larkum A.W.D., McComb A.J., Shepherd S.A., edits. *Biology of seagrasses, Aquatic Plant Studies 2*. Elsevier publ., Amsterdam: 458-499.
- Borum J., (1985).** Development of epiphytic communities on eelgrass (*Zostera marina*) along a nutrient gradient in a Danish estuary. *Mar. Biol.* **87**: 211-218.
- 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 *P. oceanica* en Méditerranée : les interactions entre la plante et le sédiment. *Journal de la Recherche Océanographique, Fr.*, **8(2-3)** : 99- 122.
- Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., (1986).** Biomasse dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, **2**: 14-15.
- Boudouresque C.F., Pergent G., Francour P., Harmelin-Vivien M., Jangoux M., Mazzella L., Panayotidis P., Pergent-Martini C., Ramos-Espla R., Romero J., Scipione M.B., (1990).** Le COST 467-Posidonia project. *Posidonia Newsletter, Fr.*, **3(2)** :27-34.
- Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A., Molenaar H., Pergent G., Vitiello P., (1995).** L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : Protection légale et gestion. *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.*: **209 – 220.37**: 463-475.
- 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., (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.
- 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.

- 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.
- 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., Cormaci M., Furnari G., Mazzella L., (1989).** *Posidonia oceanica* of Capo Passero (Sicily, Italy): leaf phenology and leaf algal epiphytic community. In : *Second International Workshop on Posidonia oceanica Beds* (C. F Boudouresque., A Meinesz., E Fresi., V Gravez eds), pp. 127-143. GIS Posidonie, Marseille.
- 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.
- 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.
- Casola E., Scardi M., Mazzella L., Fresi E., (1987).** Structure of the epiphytic community of *Posidonia oceanica* leaves in a shallow meadow. *Mar. Ecol.*, **8** : 285-296.
- Caye G., (1980).** Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *These de Doctorat. Univ. Aix-Marseille.* 121pp.
- Caye G., (1989).** Mise en évidence d'un polymorphisme sur des jeunes plants de *P. oceanica* International Workshop en *P. oceanica* Beds, Boudouresque CF, Meinesz A, Fresi E et Gravez V. Edit, *GIS Posidonie publ*, fr., **2** : 77-84.
- 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 publ.*, France, **1**: 193-201.
- 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.

- Ceccherelli G., Piazzì L., Cinelli F., (2000).** Response of the non-indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density of shoot and orientation of edges of meadows. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* **243**: 227-240.
- Chahrour F., (2013).** Etude de la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la côte occidentale algérienne (Cap Carbon et Ain Franin). *Thèse de Doctorat d'état. Faculté des Sciences de la Nature et de Vie. Université d'Oran, Algérie.* 169p.
- Chessa I.A., Fustier V., Fernandez C., Mura F., Pais A., Pergent G., Serra S., Vitale L., (2000).** Contribution to the knowledge of “banquettes” of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Sardinia island. *Biol. Mar. Médit.* **7(2)**: 35-38.
- 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 et Gravez V. (eds.), *GIS Posidonie publ.*, **2**: 145-155.
- Chisholm J.R.M., Fernex F.E., Mathieu D., Jaubert J.M., (1997).** Waste water discharge, seagrass decline and algal proliferation on the Côte d'Azur. *Marine Pollution Bulletin*, **34**: 78–84.
- Cinelli F., Cormaci M., Furnari G., Mazzella L., (1984).** Epiphytic macroflora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves around the Island of Ischia (Gulf of Naples). In: *Proceedings of the First International Workshop on Posidonia oceanica Beds* (C. F Boudouresque., A Jeudy de Grissac., J Olivier eds.), pp. 91-99. GIS Posidonie, Marseille.
- 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.
- Connolly R.M., Butler A.J., (1996).** The effects of altering seagrass canopy height on small, motile invertebrates of shallow Mediterranean Embayments. P.S.Z.N.I.: *Marine Ecology*, **17** (4): 637-652.
- Costanza R., Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Van Den Belt M., (1997).** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**: 253-260.
- Crouzet A., (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.

- Crisp D.J., Ryland J.S., (1960).** Influence of filming and of surface texture on the settlement of marine organisms. *Nature*, **4706 (9)**: 119.
- 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, (2^{ème} éd.), *Presses agronomiques de GEMBLoux, publ.*, 427p.
- Dahms H.U., Dobretsov S., Qian P.Y., (2004).** The effect of bacterial and diatom biofilms on the settlement of the bryozoan *Bugula neritina*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **313**: 191-209.
- Dauby P., Poulicek M., (1995).** Methods for removing epiphytes from seagrasses: SEM observations on treated leaves. *Aquatic Botany*, **52**: 217-228.
- 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.
- De Stefano M., Marino D., Mazzella L., (2000).** Marine taxa of Cocconeis on leaves of *Posidonia oceanica*, including a new species and two varieties. *Eur. J. Phycol.*, **35**: 225-242.
- Dodge Y., (1993).** Sattistique. Dictionnaire encyclopédique. *DUNOD Edit.*, Paris : 1-104.
- Drew E.A., (1971).** Botany. Underwater Science. An introduction to experiments by divers. *Woods et 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 et 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., (2004).** Las praderas de Fanerógamas marinas. El papel de las praderas en la dinámica costera. In: Luque A.A., Templado J. edits. *Praderas y bosques marinos de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía publ., Sevilla: 81-85.
- Durand C., Manuel M., Boudouresque C.F., Meinesz A., Verlaque M., Le Parco Y., (2002).** Molecular data suggest a hybrid origin for the invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean Sea. *J. evol. Biol.* **15**: 122-133.
- 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.

- Ferrari B., (2006).** Etude synécologique de *Posidonia oceanica* et de *Sarpa salpa* le long de la côte rocheuse des Albères (Pyrénées-Orientales, France) ; influence d'une aire marine protégée. *Thèse doctorat EPHE, Université de Perpignan* : 289 p.
- 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. Paris VI, Fr.*: 1-373.
- Francour P., (1997).** Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Mar. Ecol., PSZNI 18(2)*: 157-173.
- Fredj., Menardi M., (2001).** Manuel de description des données MEDIFAUNE.
- Gacia E., Granata T.C., Duarte C.M., (1999).** An approach to measurement of particule flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Aquat. Bot.* **65**: 255-268.
- 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.
- Gambi M.C., Buiam.C., Casola E., Scardi M., (1989).** Estimates of water movement in *Posidonia oceanica* beds: a first approach. In: Boudouresque, C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. edits. *International workshop on Posidonia beds. GIS Posidonie publ., Fr.*, **2**: 101-112.
- 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.
- 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. edits. *Third international workshop on Caulerpa taxifolia. GIS Posidonie publ. Fr.*: 197-208.
- 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. Spécialité, 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.

- Gobert S., Belkhiria S., Dauby P., Havelange S., Soullard M., Bouquegneau J.M., (1995).** Variations temporelles de la phénologie et de la composition biochimique de la Phanérogame marine *Posidonia oceanica* en baie de Calvi. *Bull. Soc. Royale Sci. Liège* **64(4-5)**: 263-284.
- Gobert S., (2002).** Variations spatiale et temporelle de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (Baie de la Revellata-Calvi Corse). *Thèse doctorat en Océanologie .Université de Liège*, Belgique pp : 207.
- Gobert S., Kyramarios M., Lepoint G., Pergent-Martini C., Bouquegneau, J.M., (2003).** Variations à différentes échelles spatiales de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile., effets sur les paramètres physico-chimiques du sédiment. *Oceanologica Acta*, **26** : 199-207.
- Gobert S., Cambridge M.L., Velimirov B., Pergent G., Lepoint G., Bouquegneau J.M., Dauby P., Pergent-Martini C., Walker D.I., (2005).** Biology of *Posidonia*. In: Larkum, A.W.D. et al., (eds.), *Seagrass Biology. Springer, Netherlands*: 1-21.
- 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.
- 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*: 648 pp.
- Halouche A et Khodja A., (2010).** Phénologie, lépidochronologie et biomasse de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile à Cap Carbon (Arzew, Algérie). *Mémoire d'ingénieurat (écologie végétale et environnement aquatique)*. Université Djillali Liabe SBA. 85p.
- Harder T., Lam C., Qian P.Y., (2002).** Induction of larval settlement in the polychaete *Hydroides elegans* by marine biofilms: an investigation of monospecific diatom films as settlement cues. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **229**: 105-112.
- Harlin M.M., (1980).** Seagrass Epiphytes. In: *Handbook of Seagrass Biology an Ecosystem Perspective* (R.C. Phillips & C. P. McRoy eds.). *Garland STPM Press*, London. 117-131.
- Harmelin J.G., (1993).** Invitation sous l'écume. *Parc national Port-Cros, Cahier découverte* **10**: 1-83.
- 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.
- Hartog C. den., (1970).** The sea-grasses of the world. *North Holland publ. Co, Amsterdam, Pays-Bas*: 1-275 + 63 pl.h.t.

- Havelange S., Lepoint G., Dauby P., Bouquegneau J.M., (1997).** Feeding of the sparid fish *Sarpa salpa* in a seagrass ecosystem: Diet and carbon flux. *PSZNI Mar. Ecol.* **18**: 289-297.
- Heck Jr., K.L., Valentine J.F., Spitzer P.M., (2003).** Plant-animal interaction in seagrass-dominated ecosystems: A review and a prospectus. *Gulf of Mexico Science*, **22 (1)**: 112.
- Heck J., Valentine J.F., (2006).** Plant-herbivore interactions in seagrass meadows. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **330**: 420-436.
- Hemminga M.A., (1998).** The root/rhizome system of seagrasses: an asset and a burden. *J. Sea Res.* **39**: 183-196. Infralittoral des Bouches-du-Rhône (France, Méditerranée occidentale). *Vie Milieu* **32(2)**: 115-124.
- Hemminga M., Duarte C.M., (2000).** Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*. 298 pp.
- Howard R.K., (1982).** Impact of feeding activities of epibenthic amphipods on surface fouling of eelgrass leaves. *Aquatic Botany*, **14**: 91-97.
- 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* : 77 pp.
- Judy De Grissac A., (1984a).** Essais d'implantation d'espèces végétales marines: les espèces pionnières, les Posidonies. In: Boudouresque C.F., Judy de Grissac A., Olivier J. Edits. *International Workshop on Posidonia beds, GIS Posidonie publ.*, Fr., **1**: 431-436.
- Judy 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.
- Judy De Grissac A., Audoly G., (1985).** Etude préliminaire des banquettes de feuilles mortes de *Posidonia oceanica* de la Région de Marseille, France. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Mer Médit.* **29(5)**: 181-182.
- Keough M.J., Raimondi P.T., (1995).** Responses of settling invertebrate larvae to bioorganic films: effects of different types of films. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **185**: 235-253.
- Keough M.J., (1998).** Responses of settling invertebrate larvae to the presence of established recruits. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **231**: 1-19.
- Kerneis A., (1960).** Contribution à l'étude faunistique et écologique des herbiers de posidonies de la région de Banyuls. *Vie Milieu*, **11** : 211 pp.
- Khodja A., (2013).** Caractérisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la côte occidentale algérienne (Cap Blanc). *Mémoire de magister en Sciences de l'environnement. Université d'Oran*. 1-155.

- Ksontini M., Djellouli A.S., Langar H., Abdeljaoued S., (2007).** L'herbier à *Posidonia oceanica* de Port Princes (Cap Bon, Tunisie): étude de présentation d'un patrimoine naturel. *Actes du 3^{ème} Symposium Méditerranéen sur la végétation marine*. 27-29 Mrs 2007 Marseille : 274-276.
- Kuo J., den Hartog C., (2001).** Seagrass taxonomy and identification key. *In*: Short, Coles, Short edits. *Global seagrass research methods*. Elsevier publ., Amsterdam: 31-58.
- Lafabri C., (2007).** Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) delile comme bioindicateur de la contamination métallique. *Thèse de doctorat. Université de Corse*. 1-141.
- Lecointre G., Le Guyader H., (2001).** Classification phylogénétique du vivant. *Belin publ. Paris*: 1- 543 + 15 pl. h.t.
- Le Direach L., Francour P., (2001).** Recrutement des poissons dans les herbiers de Posidonie de Port-Cros. *GIS Posidonie & Parc national de Port-Cros, GIS publ., Fr.*: 1-40.
- 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., (2000).** Relative impact of a seagrass bed and its adjacent epilithic algal community in consumer diets. *Marine Biology*, **136**: 513-518.
- Lepoint G., Nyssen F., Gobert S., Dauby P., Bouquegneau J.M., (2000).** Relative impact of a seagrass bed and its adjacent epilithic algal community in consumer diets. *Marine Biology*, **136**: 513-518.
- Libes M., (1984).** Production primaire d'un herbier à *Posidonia oceanica* mesurée in situ par la méthode du carbone 14. *Thèse Doctorat Spécialité Ecologie, Univ. Aix-Marseille II, Fr.*: 1-199.
- Lipkin Y., (1977).** "Seagrass ecosystems, a scientific prespective", Mc Roy P.E Helfferich C. edit., *Dekker publ., USA*: 263-293.
- 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.
- Mateo M.A., Romero J., (1996).** Evaluating seagrass leaf litter decomposition: An experimental comparison between litter-bag and oxygen-uptake methods. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* **202 (2)**: 97-106.
- Matricardi G., Montagna P., Pisano E., (1991).** Settlement and growth strategies of *Electra posidoniae* Gautier on *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest Fr. Mém. HS* **1**: 255-262.

May V., (1982). The use of epiphytic algae to indicate environmental changes (*Platysiphonia miniata*). *Austral. J. Ecol.* **7**: 101-102.

Mayhoub H., (1976). Recherches sur la végétation marine de la cote syrienne. Etude expérimentale sur la morphogénèse et le développement de quelques espèces peu connues. *Thèse Doctorat d'Etat, 26 Oct.1976, 286p, + 1carte, + Pl. 1-16 h.t.*

Mazzella L., Cinelli F., Ott J.A., Kefpal W., (1981). Studi sperimentali 'In situ' sull'pifitismo 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., Scipione M. B., Buia M. C., (1989). Spatio-Temporal Distribution of Algal and Animal Communities in a *Posidonia oceanica* Meadow. *Mar. Ecol.*, **10** : 107-129.

Mazzella L., Buia M. C., Gambi M.C., Lorenti M., Russo G., Scipione M.B., Zupo V., (1992). Plant-animal trophic relations hips in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the Mediterranean Sea: a review. In : Jangoux M., Mazzella L. et al. edits. *Plant-animal interactions in marine benthos. Systematic Association special volume 46, Clarendon Press publ.*: 165-187.

Mazzella L., Scipione M.B., Gambi M.C., Buia M.C., Lorenti M., Zupo V., Gancemi G., (1993). The Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* meadow. *Marine ecology, P.S.Z.N.I.*, **10(2)**: 107-129.

Mazzella L., Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M., Russo G., Scipione M.B., Zupo V., (1995). A review of the trophic organization in the *Posidonia oceanica* ecosystem. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. edits. *La Posidonia oceanica, Revista marittima publ.*, Ital., **12(suppl.)**: 31-47.

- 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., Schram F.R., (1991).** Invertebrate zoology, third edition. *Oxford University Press, New York, Oxford*: 623 pp.
- 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., (1982).** In situ development of *Udotea petiolata* and *Halimeda tuna* (Chlorophyta *Caulerpales*). *1st International Phycological Congress, St. John's, Canada Scientific Program and Abstracts*, p.32.
- Meinesz A., Hesse B., (1991).** Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée Nord-occidentale. *Oceanologica Acta* **14(4)**: 415-426.
- 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.
- Meinesz A., Belsher T., Thibaut T., Antolic B., Ben Mustapha K., Boudouresque C-F., Chiaverini D., Cinelli F., Cottalorda J.M., Djellouli A., El Abed A., Orestano C., Grau A.M., Ivesa L., Jaklin A., Langar H., Massuti-Pascual E., Peirano A., Tunesi L., De Vaugelas J., Zavodnik N., Zuljejevic A., (2001a).** The introduced green alga *Caulerpa taxifolia* continues to spread in the Mediterranean. *Biol. Inv.* **3**: 201-210.
- 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. edits. *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. *Ann. Inst. océanogr.* **27(3)**: 157-234.
- Molinier R., Picard J., (1956).** Aperçu bionomique sur les peuplements marins littoraux des côtes rocheuses méditerranéennes de l'Espagne. *Bull. Trav. publ. Stat. Aquic. Pêche Castiglione* **8**: 251-268.
- Moor 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.

- Moussi N., Ghoul K., (1994).** Phénologie, biomasse, lépidochronologie et structure de la matre de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la plage de Tamentfoust. *Ingéniorat d'Etat en Oceanographie. USTHB-Alger.* 69p.
- Murray J.W., (1979).** British nearshore foraminiferids: key and notes for the identification of the species. Published for the Linnean Society of London and the Estuarine and Brackish-water Sciences Association. Kermack, D.M. and Barnes, R.S.K. (Eds), *Academic Press, London, New York and San Francisco:* 65 pp.
- Nedelec, H., (1982).** Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur le peuplement phytobenthique. *Thèse Doct. 3ème cycle, océanogr. Biol., Univ. P. et M. Caire. Univ. Paris VI. Aix- Marseille,* pp. 1-175.
- Nelson T.A., Waaland J.R., (1997).** Seasonality of eelgrass, epiphyte and grazer biomass and productivity in subtidal eelgrass meadows subjected to moderate tidal amplitude. *Aquatic Botany*, **56**: 51-74.
- 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.
- Omar R. H., (2013).** Biosurveillance de la qualité des eaux cotières du littoral occidental algérien, par le suivi des indices biologiques, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb, et Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus*. *Thèse de Doctorat d'état. Faculté des Sciences. Université d'Oran, Algérie.* 226p.
- Orlov D.V., (1996).** The role of larval settling behaviour in determination of the specific habitat of the hydrozoan *Dynamena pumila* (L.): Larval settlement in *Dynamena pumila* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **208**: 73-85.
- Orth R. J., Van Montfrans J., (1984).** Epiphyte-seagrass relation ships with an emphasis on the role of micrograzing: A review. *Aquatic. Bot.* **18**: 43-69.
- Ott J.A., (1980).** Growth and production in *Posidonia oceanica* (L). Delile. *Mar. Ecol., PZSN* **1(1)**: 47-64.
- Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., (1998a).** Use of remote sensing for the characterization of the Mediterranean coastal environment-the case of *Posidonia oceanica*. *Journal of coastal conservation*, **4**: 59-66.
- 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.
- Pérès J.M., Picard J., (1964).** Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, **31(47)**: 3-137.

Pérès J.M., Picard J., (1975). Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquat. Bot.* **1(2)**: 133-139.

Pérès 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., (1985). Floraison des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la région d'Izmir (Turquie). *Posidonia Newsletter*, **1(1)**: 15-21.

Pergent G., (1987). Recherche lépidochronologiques chez *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. *Thèse Doctor. Océanol.*, Univ. Aix-Marseille II :1-853.

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., 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., Boudouresque 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 pub.*, France, **2**: 69-76.

Pergent G., Boudouresque 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., (1991). Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Oceanis* **17(4)** : 341-350.

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. *Aquat. Bot.* **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., Kempf M., (1993).** L'environnement marin côtier en Tunisie. 1. Rapport de synthèse. 2. Etude documentaire. 3. Ann. Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (Tunisie), *Ifremer et GIS Posidonie*, Fr.: 1-55 + 1-395 + 1-173.
- Pergent G., Romero J., Pergent-Martini C., Mateo M.A., Boudouresque C.F., (1994).** Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **106**: 139-146.
- 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., (1997).** Fate of primary production in *Posidonia oceanica* meadows of the Mediterranean. *Aquat. Bot.* **59**: 307-321.
- 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-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., (1996).** Impact des nutriments sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. Données préliminaires. *J. Rech. océanogr.* **21(1-2)**: 35-39.

- 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.
- Pête D., (2005).** Colonisation épiphytique de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Comparaison entre des feuilles artificielles et des feuilles naturelles. *Mémoire de Licence en Sciences Biologiques. Univ de Liège*. Fr. 52p.
- 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., 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., 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., (1983).** Belowground biomass of *Posidonia oceanica* (L.) Delile and its importance to the growth dynamics. In : *International Symposium aquatic macrophytes*, Nijmegen: 177-181.
- Pirc H., Wollenweber B., (1988).** Seasonal changes in nitrogen, free amino acids, and C/N ratio in Mediterranean seagrasses. *Mar. Ecol., PSZNI*. **9(2)**: 167-179.
- Por F.D., (1978).** Lessepsian migrations. The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez canal. *Springer Verlag publ.*, Berlin: x + 1-228.
- 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).** Seagrass status and extent along the Mediterranean coasts of Italy, France and Spain. In: Green E.P., Short F.T., Spalding M.D. edits. *World Atlas of Seagrass: Present status and future conservation*. University of California Press publ.
- Regione Liguria, (2000).** Piano Territoriale di Coordinamento della Costa.
- Ribes T., del Pilar Gracia M., (1991).** Foraminifères des herbiers de posidonies de la Méditerranée occidentale. *Vie Milieu*, **41 (2/3)**: 117-126.
- Ribes T., Salvado H., Romero J., del Pilar Gracia M., (2000).** Foraminiferal colonization on artificial seagrass leaves. *Journal of Foraminiferal Research*, **30 (3)**: 192-201.
- 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.
- Roca I., Moreno I., Barceló., (1991).** Distribución espacial y temporal de los Hidroideos de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en una pradera des Illot del Sec (Bahía de Palma, Baleares). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **7 (1)** : 67-74.
- Rodier J., (1984).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. *Edition Dunod* Paris.
- Romero J., (1999).** Els herbassars submarins de la Mediterrània. Butlletí de la Secció de Ciències naturals del Museu de Mataró, *L'Atzavara* **8**: 5-8.
- Romero J., (2004b).** Posidònia : els prats del fons del mar. La mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani. *Escola del Mar; Centre d'Estudis Marins de Badalona publ.*, Spain: 1-159.
- 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.
- 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., Perez M., Romero J., (2001).** Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Mar. Pollut. Bull.* **42**: 749-760.

- Sánchez-Lizaso J.L., (1993).** Estudio de la predera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la Reserva Marina De Tabarca (Alicante). Fenología y producción primaria. *Tesis doctoral, Univ. de Alacante*, 1-121.
- Scherrer B., (1984).** Biostatistique. *Gaetan morin éditeur*, Chicoutimi, Quèbec, 1-850.
- Scipione B., Gambi M.C., Lorenti M., Russo G.F., Zupo V., (1996).** Vagile fauna of the leaf substratum of *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* in the Mediterranean Sea. In: Kuo, J., Phillips R.C., Walker D.I. and Kirkman H. (Eds.), *Seagrass Biology: Proceeding of an International Workshop. Rottnest Island, Western Australia*: 249-260.
- Sdage., (2003).** Connaissance et gestion de l'érosion du littoral. Guide technique n°9. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Fr.: 1-53.
- 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.
- Short F.T., Wolf J., Jones G.E., 1989.** Sustaining eelgrass to manage a healthy estuary. In: Coastal and Ocean Management / ASCE. *proceedings of the sixth Symposium, July 11-14, 1989, Charleston, SC*, 3689-3706.
- Silvestri C., (1993).** Studio sinecologico sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Monterosso al mare (SP) : cartografica quali-quantitativa e dinamica stagionale. *Tesi, Univ. Roma, Izl.* : 1-197.
- Solis-Weiss V., Aleffi F., Bettoso N., Rossin P., (2004).** Gli indicatori biologici nel benthos del Golfo di Trieste. *Biol. mar. Medit.* **11(2)**: 351-354.
- 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.
- Tektek F.Z., (2012).** Phénologie, lépidochronologie et biomasse de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans l'île de Rachgoun (Béni Saf, Algérie). *Mémoire de Master en Ecologie Marine. Université d'Oran*. 87p.
- Terrados J., Duarte C.M., (2000).** Experimental evidence of reduced particle a lepidochronological study. In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. edits. International workshop on *Posidonia oceanica* beds. (*Posidonia oceanica*) meadows. *Aquat. Bot.* **65** : 255-268.

- Thélin I., Bedhomme A.L., (1983).** Biomasse des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel. Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. *Explor. sci. Médit.* **28(3)**: 125-126.
- Thélin I., Boudouresque C.F., (1983).** Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier de la baie de Port-Cros (Var, France). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* **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.
- Templado J., (2004).** Las praderas de Fanerógamas marinas. Introducción. In: Luque A.A., Templado J. *edits. Praderas y bosques marinos de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía publ., Sevilla*: 57-59.
- 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 and Søndergaard M., (1999).** Seasonal dynamics of bacterial biomass and production on eelgrass *Zostera marina* leaves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **179**: 231-240.
- 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.
- 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.
- van der Ben D., (1971).** Les epiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* Delile sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Mém. Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique*, **168**: 101 pp., 6 tabl.
- van Montfrans J., Wetzel R.L., Orth R.J., (1984).** Epiphyte-grazer relations chips in seagrass meadows: consequences for seagrass growth and production. *Estuaries*, **7 (4A)**: 289-309.
- Velimirov B., (1984).** Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. *Internnational Workshop on Posidonia oceanica beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. *edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1*: 381-387.
- 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., (1987).** Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale – Etude structural et dynamique du phytobenthos et analyse des relations Faune-Flore. *Thèse Doctorat F-tat Sci. nat. Aix Marseille II*, Fr.: 389p.
- Verlaque M., (1990).** Relation entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen, Sparidae), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal méditerranéen
- Verlaque M., Boudouresque C.F., Meinesz A., Gravez V., (2000).** The *Caulerpa racemosa* complex (Caulerpales, Ulvophyceae) in the Mediterranean Sea. *Botanica marina* **43**: 49-68.
- Verlaque M., Durand C., Huisman J.M., Boudouresque C.F., Le Parco Y., (2003).** On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta). *Eur. J. Phycol.* **38**: 325-339.
- Verlaque M., Afonso-Carrillo J., Gil-Rodriguez M.C., Durand C., Boudouresque C.F., Le Parco Y., (2004).** Blitzkrieg in a marine invasion : *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) reaches the Canary Islands (NE Atlantic). *Biol. Inv.* **6**: 269-281.
- Villele X. de, 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.
- 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.
- Ward T.J., (1989).** The accumulation and effects of metals in seagrass habitats. *In*: Larkum A.W.D., McComb A.J., Shepherd S.A. edits. *Biology of seagrasses, Aquatic Plant Studies 2*. Elsevier publ.: 797 - 820.
- Waycott M., Les D.H., (2000).** Current perspectives on marine Angiosperm evolution. *Biol. mar. Medit.* **7(2)**: 160-163.
- Weiczorek S.K., Todd C.D., (1997).** Inhibition and facilitation of bryozoan and ascidian settlement by natural multi-species biofilms: effects of film age and the roles of active and passive larval attachment. *Marine Biology*, **128**: 463-473.
- Wellman C.H., Osterloff P.L., Mohuddin U., (2003).** Fragments of the earliest land plants. *Nature* **425**: 282-285.
- Wittmann K., Scipione M.B., Fresi E., (1981).** Some laboratory experiments on the activity of the macrofauna in the fragmentation of detrital leaves of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* **27(2)**: 205-206.

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.

Zabala M., Maluquer P., (1988). Illustrated key for the classification of Mediterranean Bryozoa. *Treballs del Museu de Zoologia, Ajuntament de Barcelona*, número **4**: 294 pp.

Zar J.H., (1984). Biostatistical analysis. Second edit. *Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc. (ed.)*, U.K., 718p.

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. *In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.*, Fr., **1**: 373-379.

Zupo V., Mazzella L., Buia M. C., Gambi M. C., Lorenti M., Scipione M. B., Cancemi G., (2006). A small-scale analysis of the spatial structure of a *Posidonia oceanica* meadow of the Island of Ischia (Gulf of Naples, Italy): Relationship with the seafloor morphology. *Aquatic Bot.*, **84** : 101-109.

Sites internet utilisés

<http://maps.google.com/maps> (consulté le: 13/02/2013).

<http://popups.ulg.ac.be/0457-4184/index.php?id=464> (consulté le: 24/04/2014).

<http://www.statsoft.fr/concepts-statistiques/glossaire/t/test-newman-keuls.html> (consulté le: 21 Novembre 2014).

ANNEXE

Annexe I

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des points de prélèvements dans le site de Stidia.

Numéro d'échantillon (Posidonie)	Numéro d'échantillon (Sédiment)	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
P-STD1	S-STD1	35° 49' 54. 83'' N	0° 01' 08. 42'' E	4,5
P-STD2	S-STD2	35° 49' 53. 79'' N	0° 01' 09. 54'' E	3
P-STD3	S-STD3	35° 49' 49. 55'' N	0° 01' 12. 41'' E	3
P-STD4	S-STD4	35° 49' 30. 54'' N	0° 02' 11. 57'' E	4
P-STD5	S-STD5	35° 49' 32. 10'' N	0° 02' 06. 17'' E	5
P-STD6	S-STD6	35° 49' 33. 95'' N	0° 02' 02. 01'' E	3
P-STD7	S-STD7	35° 49' 41. 07'' N	0° 01' 39. 96'' E	3
P-STD8	S-STD8	35° 49' 46. 30'' N	0° 01' 28. 52'' E	3
Pas de Posidonie	P-STD9	35° 49' 39. 82'' N	0° 01' 49. 30'' E	4
Pas de Posidonie	P-STD10	35° 49' 36. 37'' N	0° 01' 50. 73'' E	4

Tableau 2 : Coordonnées géographiques des points de prélèvements dans le site de Salamandre.

Numéro d'échantillon (Posidonie)	Numéro d'échantillon (Sédiment)	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
P-SDR1	S-SDR1	35° 55' 06. 58'' N	0° 03' 22. 56'' E	3,8
P-SDR2	S-SDR2	35° 55' 09. 59'' N	0° 03' 23. 93'' E	4
P-SDR3	S-SDR3	35° 54' 44. 14'' N	0° 03' 11. 93'' E	3
P-SDR4	S-SDR4	35° 54' 52. 00'' N	0° 03' 01. 27'' E	4
P-SDR5	S-SDR5	35° 54' 45. 11'' N	0° 03' 07. 40'' E	5
P-SDR6	S-SDR6	35° 54' 45. 43'' N	0° 03' 11. 18'' E	2,9
P-SDR7	S-SDR7	35° 54' 45. 59'' N	0° 03' 11. 98'' E	2,5
P-SDR8	S-SDR8	35° 54' 46. 11'' N	0° 03' 14. 68'' E	2
P-SDR9	S-SDR9	35° 54' 46. 32'' N	0° 03' 14. 94'' E	2,3
Pas de Posidonie	S-SDR10	35° 54' 47. 24'' N	0° 03' 14. 56'' E	4
Pas de Posidonie	S-SDR11	35° 55' 05. 23'' N	0° 03' 17. 13'' E	3,2
Pas de Posidonie	S-SDR12	35° 55' 02. 52'' N	0° 03' 16. 49'' E	4

Tableau 3 : Coordonnées géographiques des points de prélèvements dans le site de Petit-Port.

Numéro d'échantillon (Posidonie)	Numéro d'échantillon (Sédiment)	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
P-PP1	S-PP1	36° 12' 42. 90'' N	0° 22' 53. 74'' E	2,7
P-PP2	S-PP2	36° 12' 42. 84'' N	0° 22' 57. 71'' E	3,2
P-PP3	S-PP3	36° 12' 42. 89'' N	0° 23' 01. 14'' E	2,8
P-PP4	S-PP4	36° 12' 43. 41'' N	0° 23' 03. 64'' E	2,6
P-PP5	S-PP5	36° 12' 43. 76'' N	0° 23' 04. 64'' E	2,5
P-PP6	S-PP6	36° 12' 43. 79'' N	0° 23' 05. 80'' E	2,4
P-PP7	S-PP7	36° 12' 40. 88'' N	0° 22' 54. 65'' E	1
P-PP8	S-PP8	36° 12' 41. 80'' N	0° 22' 55. 82'' E	1
P-PP9	S-PP9	36° 12' 42. 11'' N	0° 22' 57. 10'' E	1
Pas de Posidonie	S-PP10	36° 12' 42. 76'' N	0° 22' 54. 57'' E	3,8

Annexe II

Tableau 4 : Nombre moyen de feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	(NFA)	station	Prof (m)	(NFA)	station	Prof (m)	(NFA)
P-STD1	4,5	4 ± 1,73	P-SDR1	2,7	4 ± 1,15 M	P-PP1	2,7	3,67 ± 0,57M
P-STD2	3	3,2 ± 0,84 m	P-SDR2	3,2	3,33 ± 0,57	P-PP2	3,2	2,67 ± 0,57
P-STD3	3	5 ± 1 M	P-SDR3	2,8	3 ± 0 m	P-PP3	2,8	3,67 ± 1,15
P-STD4	4	4 ± 1	P-SDR4	3,4	3 ± 1	P-PP4	2,6	3,67 ± 0,57
P-STD5	5	4,7 ± 0,57	P-SDR5	3,1	3 ± 0	P-PP5	2,5	3 ± 1
P-STD6	3	4,7 ± 0,57	P-SDR6	2,9	3 ± 0	P-PP6	2,4	2,33 ± 0,57m
P-STD7	3	4 ± 0	P-SDR7	2,5	3 ± 0	P-PP7	1	3,67 ± 0,57
P-STD8	3	3,4 ± 1,14	P-SDR8	2	4 ± 1	P-PP8	1	3,33 ± 0,57
Moy	3,6	4,1 ± 0,86	Moy	2,8	3,29 ± 0,46	Moy	2,1	3,25 ± 0,69

Tableau 5 : Nombre moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	NFI	station	Prof (m)	NFI	station	Prof (m)	NFI
P-STD1	4,5	8 ± 2 M	P-SDR1	2,7	7,33 ± 3,51M	P-PP1	2,7	4,33 ± 0,57
P-STD2	3	2,4 ± 0,89 m	P-SDR2	3,2	5,33 ± 1,53	P-PP2	3,2	3 ± 0
P-STD3	3	06,4 ± 1,53	P-SDR3	2,8	3,67 ± 1,15	P-PP3	2,8	5 ± 0 M
P-STD4	4	03,7 ± 0,57	P-SDR4	3,4	3 ± 1	P-PP4	2,6	4 ± 1
P-STD5	5	04 ± 0,57	P-SDR5	3,1	2,6 ± 0,57m	P-PP5	2,5	3,33 ± 0,57
P-STD6	3	03,7 ± 0,57	P-SDR6	2,9	3,67 ± 0,57	P-PP6	2,4	3,33 ± 0,57
P-STD7	3	03,7 ± 1,15	P-SDR7	2,5	3 ± 0	P-PP7	1	4,33 ± 0,57
P-STD8	3	02,7 ± 0,57	P-SDR8	2	5 ± 3,46	P-PP8	1	2,33 ± 0,57m
Moy	3,6	4,32 ± 0,98	Moy	2,8	4,2 ± 1,47	Moy	2,1	3,7 ± 0,48

Tableau 6 : Nombre moyen des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	NFJ	station	Prof (m)	NFJ	station	Prof (m)	NFJ
P-STD1	4,5	2,7 ± 1,15	P-SDR1	2,7	2,67 ± 0,57M	P-PP1	2,7	1,67 ± 2,08M
P-STD2	3	1,4 ± 1,14 m	P-SDR2	3,2	2,33 ± 2,3	P-PP2	3,2	0 ± 0
P-STD3	3	1,7 ± 0,57	P-SDR3	2,8	0 ± 0 m	P-PP3	2,8	1,33 ± 1,15
P-STD4	4	1,7 ± 0,57	P-SDR4	3,4	0,33 ± 0,57	P-PP4	2,6	1 ± 0
P-STD5	5	2 ± 0	P-SDR5	3,1	0,67 ± 0,57	P-PP5	2,5	1,33 ± 0,57
P-STD6	3	2 ± 0	P-SDR6	2,9	0,67 ± 0,57	P-PP6	2,4	0 ± 0 m
P-STD7	3	3,4 ± 2,3 M	P-SDR7	2,5	1 ± 0	P-PP7	1	0,67 ± 0,57
P-STD8	3	3 ± 1,73	P-SDR8	2	2 ± 1	P-PP8	1	0,33 ± 0,57
Moy	3,6	2,1 ± 0,93	Moy	2,8	1,21 ± 0,69	Moy	2,1	0,80 ± 0,62

Tableau 7 : Nombre moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	NFG	station	Prof (m)	NFG	station	Prof (m)	NFG
P-STD1	4,5	12 ± 2,64 M	P-SDR1	2,7	11,67±4,5M	P-PP1	2,7	8 ± 0
P-STD2	3	5,6 ± 1,52 m	P-SDR2	3,2	8,67 ± 2,08	P-PP2	3,2	5,67 ± 0,57
P-STD3	3	11,4 ± 2,51	P-SDR3	2,8	6,67 ± 1,15	P-PP3	2,8	8,67± 3,05M
P-STD4	4	7,7 ± 1,53	P-SDR4	3,4	6 ± 1	P-PP4	2,6	7,67 ± 1,53
P-STD5	5	8,7 ± 1,15	P-SDR5	3,1	5,67±0,57m	P-PP5	2,5	6,33 ± 1,15
P-STD6	3	8,4 ± 1,15	P-SDR6	2,9	6,67 ± 0,57	P-PP6	2,4	5,67 ± 1,15
P-STD7	3	7,7 ± 1,15	P-SDR7	2,5	6 ± 0	P-PP7	1	8 ± 1
P-STD8	3	6,1 ± 1,73	P-SDR8	2	9 ± 4,36	P-PP8	1	5,67 ± 1,15m
Moy	3,6	8,45 ± 1,67	Moy	2,8	7,54 ± 1,78	Moy	2,1	6,96 ± 1,2

Tableau 8 : Longueur moyen des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	LFA (cm)	station	Prof (m)	LFA (cm)	station	Prof (m)	LFA (cm)
P-STD1	4,5	33,1 ± 3,1	P-SDR1	2,7	21,95 ± 1,4	P-PP1	2,7	22,8 ± 3,4
P-STD2	3	35,7 ± 3,1M	P-SDR2	3,2	17,61 ± 2,01	P-PP2	3,2	23,9 ± 5,7
P-STD3	3	21,4 ± 1,6 m	P-SDR3	2,8	36,3±17,3M	P-PP3	2,8	27,6 ± 7,02
P-STD4	4	24,5 ± 4,4	P-SDR4	3,4	25,5 ± 9,44	P-PP4	2,6	21,1 ± 1,1
P-STD5	5	33,7 ± 0,86	P-SDR5	3,1	24,5 ± 3,5	P-PP5	2,5	21,1 ± 3,5
P-STD6	3	24,3 ± 2,49	P-SDR6	2,9	27,6 ± 1,9	P-PP6	2,4	48,4± 19,9M
P-STD7	3	22,8 ± 0,45	P-SDR7	2,5	20,9 ± 3,9	P-PP7	1	16,4 ± 2,5m
P-STD8	3	22,3 ± 0,49	P-SDR8	2	9 ± 4,36 m	P-PP8	1	29,3 ± 2,4
Moy	3,6	27,2 ± 2,06	Moy	2,8	22,9 ± 5,48	Moy	2,1	26,3 ± 5,69

Tableau 9 : Longueur moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	LFI (cm)	station	Prof (m)	LFI (cm)	station	Prof (m)	LFI (cm)
P-STD1	4,5	18,3 ± 4,1 M	P-SDR1	2,7	19,4±2,9 m	P-PP1	2,7	28,2 ± 7,9
P-STD2	3	15,3 ± 0,9	P-SDR2	3,2	22,6 ± 8,4	P-PP2	3,2	29,1 ± 5,4
P-STD3	3	16,3 ± 0,3	P-SDR3	2,8	32,6±5,1 M	P-PP3	2,8	19,2 ± 3,5 m
P-STD4	4	13 ± 0,8	P-SDR4	3,4	28,8 ± 14,2	P-PP4	2,6	23,1 ± 5,4
P-STD5	5	12 ± 0,82	P-SDR5	3,1	23,2 ± 4,4	P-PP5	2,5	24,01 ± 1,1
P-STD6	3	11,5 ± 2,6 m	P-SDR6	2,9	28,8 ± 8,5	P-PP6	2,4	49,2±21,8 M
P-STD7	3	12,8 ± 2,02	P-SDR7	2,5	32,2 ± 6,9	P-PP7	1	23,3 ± 6,8
P-STD8	3	12 ± 3,18	P-SDR8	2	22,9 ± 8,3	P-PP8	1	40,1 ± 15,7
Moy	3,6	13,9 ± 1,84	Moy	2,8	26,3 ± 7,34	Moy	2,1	29,5 ± 8,45

Tableau 10 : Longueur moyen des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	LFJ (cm)	station	Prof (m)	LFJ (cm)	station	Prof (m)	LFJ (cm)
P-STD1	4,5	2,6 ± 0,87	P-SDR1	2,7	2,3 ± 0,1	P-PP1	2,7	1,8 ± 0,3
P-STD2	3	2,6 ± 0,29	P-SDR2	3,2	2,6 ± 0,4	P-PP2	3,2	∕
P-STD3	3	3,2 ± 0,6 M	P-SDR3	2,8	∕	P-PP3	2,8	2,3 ± 0,1
P-STD4	4	1,5 ± 0,47 m	P-SDR4	3,4	3,2 ± 0	P-PP4	2,6	3,2 ± 0,9 M
P-STD5	5	2,2 ± 0,32	P-SDR5	3,1	2,25 ± 1,3 M	P-PP5	2,5	3,2 ± 0,6
P-STD6	3	2,3 ± 0,17	P-SDR6	2,9	3,15 ± 1,1	P-PP6	2,4	∕
P-STD7	3	2,5 ± 0,23	P-SDR7	2,5	2,6 ± 1,1	P-PP7	1	2,25 ± 0,9
P-STD8	3	2,9 ± 0,23	P-SDR8	2	1,8 ± 1,1 m	P-PP8	1	1,2 ± 0,0 m
Moy	3,6	2,47 ± 0,40	Moy	2,8	2,56 ± 0,73	Moy	2,1	2,32 ± 0,47

Tableau 11 : Longueur moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	LFG (cm)	station	Prof (m)	LFG (cm)	station	Prof (m)	LFG (cm)
P-STD1	4,5	25,7 ± 3,0M	P-SDR1	2,7	20,7 ± 2,2	P-PP1	2,7	25,5 ± 5,6
P-STD2	3	24,0 ± 3,2	P-SDR2	3,2	20,1 ± 5,2m	P-PP2	3,2	26,5 ± 0,5
P-STD3	3	18,9 ± 3,2	P-SDR3	2,8	34,4 ± 11,2 M	P-PP3	2,8	23,4 ± 5,3
P-STD4	4	18,7 ± 2,6	P-SDR4	3,4	27,1 ± 11,4	P-PP4	2,6	22,1 ± 2,13
P-STD5	5	22,9 ± 0,8	P-SDR5	3,1	23,8 ± 3,9	P-PP5	2,5	22,6 ± 2,3
P-STD6	3	17,9 ± 2,5	P-SDR6	2,9	26,3 ± 6,5	P-PP6	2,4	48,8 ± 20,5 M
P-STD7	3	17,8 ± 1,2	P-SDR7	2,5	29,9 ± 2,6	P-PP7	1	19,9 ± 4,5 m
P-STD8	3	17,2 ± 1,6 m	P-SDR8	2	21,9 ± 5,8	P-PP8	1	34,7 ± 7,3
Moy	3,6	20,4 ± 2,26	Moy	2,8	25,5 ± 6,1	Moy	2,1	27,9 ± 6,02

Tableau 12 : Largeur moyen des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	IFA (cm)	station	Prof (m)	IFA (cm)	station	Prof (m)	IFA (cm)
P-STD1	4,5	1,01 ± 0,01	P-SDR1	2,7	0,92 ± 0,1 M	P-PP1	2,7	0,89 ± 0,04
P-STD2	3	0,9 ± 0,06	P-SDR2	3,2	0,9 ± 7,8	P-PP2	3,2	0,77 ± 0,02
P-STD3	3	0,89 ± 0,01 m	P-SDR3	2,8	0,9 ± 0,1	P-PP3	2,8	0,79 ± 0,01
P-STD4	4	1 ± 0,05	P-SDR4	3,4	0,9 ± 0,01	P-PP4	2,6	0,77 ± 0,04
P-STD5	5	1,21 ± 0,11M	P-SDR5	3,1	0,83 ± 0,05 m	P-PP5	2,5	0,83 ± 0,06
P-STD6	3	0,93 ± 0,05	P-SDR6	2,9	0,9 ± 0,01	P-PP6	2,4	0,75 ± 0,04
P-STD7	3	0,98 ± 0,02	P-SDR7	2,5	0,9 ± 0,03	P-PP7	1	0,72 ± 0,07 m
P-STD8	3	1 ± 0,11	P-SDR8	2	0,84 ± 0,05	P-PP8	1	0,91 ± 0,07 M
Moy	3,6	0,99 ± 0,05	Moy	2,8	0,89 ± 1,02	Moy	2,1	0,80 ± 0,04

Tableau 13 : Largeur moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	IFI (cm)	station	Prof (m)	IFI (cm)	station	Prof (m)	IFI (cm)
P-STD1	4,5	1,01±0,01M	P-SDR1	2,7	0,83 ± 0,05	P-PP1	2,7	0,82 ± 0,02
P-STD2	3	0,92 ± 0,02	P-SDR2	3,2	0,76±0,03m	P-PP2	3,2	0,73 ± 0,03
P-STD3	3	0,9 ± 0,00m	P-SDR3	2,8	0,85±0,05M	P-PP3	2,8	0,78 ± 0,04
P-STD4	4	0,95 ± 0,02	P-SDR4	3,4	0,81 ± 0,04	P-PP4	2,6	0,73 ± 0,03
P-STD5	5	0,94 ± 0,01	P-SDR5	3,1	0,81 ± 0,08	P-PP5	2,5	0,79 ± 0,05
P-STD6	3	0,92 ± 0,01	P-SDR6	2,9	0,84 ± 0,01	P-PP6	2,4	0,72 ± 0,05
P-STD7	3	0,92 ± 0,02	P-SDR7	2,5	0,84 ± 0,04	P-PP7	1	0,68 ± 0,08m
P-STD8	3	0,93 ± 0,00	P-SDR8	2	0,78 ± 0,02	P-PP8	1	0,91±0,05M
Moy	3,6	0,94 ± 0,01	Moy	2,8	0,81 ± 0,04	Moy	2,1	0,77 ± 0,04

Tableau 14 : Largeur moyen des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	IFJ (cm)	station	Prof (m)	IFJ (cm)	station	Prof (m)	IFJ (cm)
P-STD1	4,5	0,9 ± 0	P-SDR1	2,7	0,79 ± 0,05	P-PP1	2,7	0,75 ± 0,07
P-STD2	3	0,91 ± 0,02	P-SDR2	3,2	0,59±0,15m	P-PP2	3,2	∕
P-STD3	3	0,9 ± 0	P-SDR3	2,8	∕	P-PP3	2,8	0,72 ± 0,03
P-STD4	4	0,85 ± 0,04	P-SDR4	3,4	0,8 ± 0	P-PP4	2,6	0,6 ± 0,1 m
P-STD5	5	1,3±0,06 M	P-SDR5	3,1	0,8 ± 0,14	P-PP5	2,5	0,68 ± 0,03
P-STD6	3	0,88 ± 0,08	P-SDR6	2,9	0,85±0,07M	P-PP6	2,4	∕
P-STD7	3	0,73±0,06 m	P-SDR7	2,5	0,8 ± 1,36	P-PP7	1	0,6 ± 0
P-STD8	3	0,88 ± 0,1	P-SDR8	2	0,68 ± 0,07	P-PP8	1	0,8 ± 0 M
Moy	3,6	0,92 ± 0,04	Moy	2,8	0,76 ± 0,26	Moy	2,1	0,69 ± 0,04

Tableau 15 : Largeur moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	IFG (cm)	station	Prof (m)	IFG (cm)	station	Prof (m)	IFG (cm)
P-STD1	4,5	1,01 ± 0,01	P-SDR1	2,7	0,88±0,05M	P-PP1	2,7	0,89 ± 0,04
P-STD2	3	0,91±0,4 m	P-SDR2	3,2	0,83 ± 0,01	P-PP2	3,2	0,77 ± 0,02
P-STD3	3	0,89 ± 0,01	P-SDR3	2,8	0,87 ± 0,06	P-PP3	2,8	0,79 ± 0,01
P-STD4	4	0,98 ± 0,06	P-SDR4	3,4	0,86 ± 0,03	P-PP4	2,6	0,77 ± 0,04
P-STD5	5	1,19±0,13M	P-SDR5	3,1	0,82 ± 0,07	P-PP5	2,5	0,83 ± 0,06
P-STD6	3	0,93 ± 0,09	P-SDR6	2,9	0,87 ± 0,01	P-PP6	2,4	0,75 ± 0,04
P-STD7	3	0,93 ± 0,02	P-SDR7	2,5	0,87 ± 0,03	P-PP7	1	0,72 ± 0,07m
P-STD8	3	0,97 ± 0,24	P-SDR8	2	0,81±0,01m	P-PP8	1	0,91±0,07M
Moy	3,6	0,98 ± 0,12	Moy	2,8	0,85 ± 0,03	Moy	2,1	0,8 ± 0,04

Tableau 16 : Surface foliaire moyenne des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	SFA (Cm ² /f)	station	Prof (m)	SFA (Cm ² /f)	station	Prof (m)	SFA (Cm ² /f)
P-STD1	4,5	34 ± 2,75	P-SDR1	2,7	20,2 ± 0,85	P-PP1	2,7	21,9 ± 4,3
P-STD2	3	32,2 ± 2,79	P-SDR2	3,2	15,9 ± 1,8m	P-PP2	3,2	19,1 ± 4,5
P-STD3	3	57,4±1,31M	P-SDR3	2,8	32,1±15,6M	P-PP3	2,8	22,3 ± 5,3
P-STD4	4	24,9 ± 5,7	P-SDR4	3,4	23,2 ± 8,8	P-PP4	2,6	16,8 ± 2,1
P-STD5	5	40,1 ± 3,21	P-SDR5	3,1	20,5 ± 4,3	P-PP5	2,5	18,5 ± 4,3
P-STD6	3	22,3 ± 1,18	P-SDR6	2,9	21,8 ± 5,1	P-PP6	2,4	38,1 ± 16,8M
P-STD7	3	22,3 ± 0,33	P-SDR7	2,5	24,9 ± 2,2	P-PP7	1	12,7 ± 2,7m
P-STD8	3	22,2±2,57 m	P-SDR8	2	17,5 ± 2,3	P-PP8	1	27,2 ± 4,0
Moy	3,6	31,9 ± 2,48	Moy	2,8	22,01± 1,18	Moy	2,1	22,07 ± 5,12

Tableau 17 : Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	SFI (Cm ² /f)	station	Prof (m)	SFI (Cm ² /f)	station	Prof (m)	SFI (Cm ² /f)
P-STD1	4,5	18,4 ± 4,3M	P-SDR1	2,7	16,4 ± 1,2m	P-PP1	2,7	23,1 ± 0,63
P-STD2	3	14 ± 0,76	P-SDR2	3,2	17,6 ± 6,3	P-PP2	3,2	21,5 ± 3,5
P-STD3	3	14,8 ± 6,74	P-SDR3	2,8	28,5 ± 5,0M	P-PP3	2,8	15,3 ± 2,9 m
P-STD4	4	12,6 ± 0,90	P-SDR4	3,4	23,7±12,9	P-PP4	2,6	17,2 ±3,1
P-STD5	5	14,5 ± 1,03	P-SDR5	3,1	19,3 ± 5,1	P-PP5	2,5	19,3 ± 2,3
P-STD6	3	10,8 ±1,9 m	P-SDR6	2,9	24,2 ± 7,2	P-PP6	2,4	36,6 ± 18,9M
P-STD7	3	11,5 ± 1,71	P-SDR7	2,5	27,3 ± 5,7	P-PP7	1	16,5 ± 5,5
P-STD8	3	11,3 ± 1,72	P-SDR8	2	18,2 ± 6,8	P-PP8	1	36,6 ± 14,3M
Moy	3,6	13,49 ± 1,72	Moy	2,8	21,9 ± 6,27	Moy	2,1	23,3 ± 6,39

Tableau 18 : Surface foliaire moyenne des feuilles juvéniles de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	SFJ (Cm ² /f)	station	Prof (m)	SFJ (Cm ² /f)	station	Prof (m)	SFJ (Cm ² /f)
P-STD1	4,5	2,2 ± 0	P-SDR1	2,7	2,1 ± 0,6	P-PP1	2,7	1,3 ± 0,1
P-STD2	3	1,9 ± 0,73	P-SDR2	3,2	1,5 ± 0,3	P-PP2	3,2	∕
P-STD3	3	2,8 ± 0,52	P-SDR3	2,8	∕	P-PP3	2,8	1,6 ± 0,1
P-STD4	4	1,3 ± 0,44 m	P-SDR4	3,4	2,56 ± 0,02	P-PP4	2,6	1,9 ± 0,9
P-STD5	5	2,2 ± 0,37	P-SDR5	3,1	1,9 ± 1,4	P-PP5	2,5	2,2 ± 0,4M
P-STD6	3	3 ± 1,54 M	P-SDR6	2,9	2,7 ± 1,1M	P-PP6	2,4	∕
P-STD7	3	1,9 ± 0,19	P-SDR7	2,5	2,1 ± 0,9	P-PP7	1	1,35 ± 0,55
P-STD8	3	2,6 ± 0,25	P-SDR8	2	1,3 ± 0,8m	P-PP8	1	0,9 ± 0 m
Moy	3,6	2,24 ± 0,51	Moy	2,8	2,02 ± 0,73	Moy	2,1	1,54 ± 0,34

Tableau 19 : Surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	SFG (Cm ² /f)	station	Prof (m)	SFG (Cm ² /f)	station	Prof (m)	SFG (Cm ² /f)
P-STD1	4,5	52,4 ± 5,39	P-SDR1	2,7	36,5 ± 1,6	P-PP1	2,7	45,8 ± 11,2
P-STD2	3	46,2 ± 7,78	P-SDR2	3,2	33,5 ± 8,0m	P-PP2	3,2	40,6 ± 1,1
P-STD3	3	72,2 ± 8,0M	P-SDR3	2,8	60,6 ± 20,6M	P-PP3	2,8	37,6 ± 8,2
P-STD4	4	37,4 ± 6,49	P-SDR4	3,4	46,9 ± 21,1	P-PP4	2,6	34,0 ± 1,9
P-STD5	5	54,7 ± 2,43	P-SDR5	3,1	39,9 ± 9,4	P-PP5	2,5	37,9 ± 6,6
P-STD6	3	33,1±3,07 m	P-SDR6	2,9	46,0 ± 11,6	P-PP6	2,4	74,6 ± 35,2M
P-STD7	3	33,9 ± 2,03	P-SDR7	2,5	52,1 ± 5,1	P-PP7	1	29,2 ± 8,1m
P-STD8	3	33,6 ± 0,86	P-SDR8	2	35,6 ± 8,7	P-PP8	1	63,8 ± 13,4
Moy	3,6	45,4 ± 4,51	Moy	2,8	43,9 ± 10,80	Moy	2,1	45,4 ± 10,70

Tableau 20 : Coefficient A moyen des feuilles adultes de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	Cof(A)/FA (%)	station	Prof (m)	Cof(A)/FA (%)	station	Prof (m)	Cof(A)/FA (%)
P-STD1	4,5	56,7 ± 0,06	P-SDR1	2,7	100 ± 0,0M	P-PP1	2,7	100 ± 0,0M
P-STD2	3	66,8 ± 0,27	P-SDR2	3,2	100 ± 0,0	P-PP2	3,2	100 ± 0,0
P-STD3	3	74 ± 0,06M	P-SDR3	2,8	89 ± 0,19m	P-PP3	2,8	93,3 ± 0,11
P-STD4	4	46,7 ± 0,18	P-SDR4	3,4	100 ± 0,0	P-PP4	2,6	100 ± 0,0
P-STD5	5	53,3 ± 0,06	P-SDR5	3,1	100 ± 0,0	P-PP5	2,5	91,7 ± 0,14m
P-STD6	3	56,7 ± 0,06	P-SDR6	2,9	100 ± 0,0	P-PP6	2,4	100 ± 0,0
P-STD7	3	50 ± 0,0	P-SDR7	2,5	100 ± 0,0	P-PP7	1	100 ± 0,0
P-STD8	3	16,7 ± 0,30m	P-SDR8	2	100 ± 0,0	P-PP8	1	100 ± 0,0
Moy	3,6	52,6 ± 0,12	Moy	2,8	98,6 ± 0,02	Moy	2,1	98,1 ± 0,03

Tableau 21 : Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	Cof(A)/FI (%)	station	Prof (m)	Cof(A)/FI (%)	station	Prof (m)	Cof(A)/FI (%)
P-STD1	4,5	32,7 ± 0,07	P-SDR1	2,7	50,7 ± 0,06	P-PP1	2,7	38,3 ± 0,12
P-STD2	3	46,4 ± 0,30	P-SDR2	3,2	44 ± 0,17m	P-PP2	3,2	44,3 ± 0,20
P-STD3	3	49 ± 0,11M	P-SDR3	2,8	46,7 ± 0,18	P-PP3	2,8	24,3 ± 0,21
P-STD4	4	8,3 ± 0,14	P-SDR4	3,4	72,3±0,25M	P-PP4	2,6	41 ± 0,08
P-STD5	5	8,3 ± 0,14	P-SDR5	3,1	50 ± 0,17	P-PP5	2,5	58,3 ± 0,22
P-STD6	3	16,7 ± 0,14	P-SDR6	2,9	72,3 ± 0,05	P-PP6	2,4	22 ± 0,19m
P-STD7	3	6,7 ± 0,11	P-SDR7	2,5	67 ± 0,0	P-PP7	1	46,7 ± 0,06
P-STD8	3	0 ± 0,0m	P-SDR8	2	52 ± 0,26	P-PP8	1	61 ± 0,35M
Moy	3,6	21 ± 0,13	Moy	2,8	54,9 ± 0,13	Moy	2,1	40,7 ± 0,13

Tableau 22 : Coefficient A moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	Cof(A)/FG (%)	station	Prof (m)	Cof(A)/FG (%)	station	Prof (m)	Cof(A)/FG (%)
P-STD1	4,5	40,6 ± 0,09	P-SDR1	2,7	69,3 ± 0,07	P-PP1	2,7	66,7 ± 0,07
P-STD2	3	59 ± 0,27M	P-SDR2	3,2	64 ± 0,08m	P-PP2	3,2	71,3 ± 0,07
P-STD3	3	58 ± 0,13	P-SDR3	2,8	66,7 ± 0,16	P-PP3	2,8	54,2 ± 0,18
P-STD4	4	26,7 ± 0,06	P-SDR4	3,4	83,7 ± 0,15	P-PP4	2,6	69,7 ± 0,05
P-STD5	5	31,3 ± 0,11	P-SDR5	3,1	76,7 ± 0,08	P-PP5	2,5	74,3 ± 0,15
P-STD6	3	39,7 ± 0,09	P-SDR6	2,9	85 ± 0,02M	P-PP6	2,4	54,3 ± 0,10 m
P-STD7	3	29,7 ± 0,03	P-SDR7	2,5	83 ± 0,0	P-PP7	1	71 ± 0,04
P-STD8	3	9,3 ± 0,16m	P-SDR8	2	73 ± 0,20	P-PP8	1	83,7 ± 0,15M
Moy	3,6	36,8 ± 0,12	Moy	2,8	75,2 ± 0,09	Moy	2,1	68,1 ± 0,10

Tableau 23 : Biomasse des feuilles de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	Bio. Feuilles (mg Ps/fsc)	station	Prof (m)	Bio. Feuilles (mg Ps/fsc)	station	Prof (m)	Bio. Feuilles (mg Ps/fsc)
P-STD1	4,5	1830	P-SDR1	2,7	1056,7 M	P-PP1	2,7	993 M
P-STD2	3	724	P-SDR2	3,2	710	P-PP2	3,2	503
P-STD3	3	1213	P-SDR3	2,8	786,7	P-PP3	2,8	563
P-STD4	4	810	P-SDR4	3,4	556,7 m	P-PP4	2,6	670
P-STD5	5	656,7 m	P-SDR5	3,1	620	P-PP5	2,5	880
P-STD6	3	810	P-SDR6	2,9	710	P-PP6	2,4	490 m
P-STD7	3	1033	P-SDR7	2,5	816,7	P-PP7	1	980
P-STD8	3	1990 M	P-SDR8	2	773	P-PP8	1	866,7
Moy	3,6	1133,3	Moy	2,8	753,7	Moy	2,1	743,2

Tableau 24 : Biomasse des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
station	Prof (m)	Bio. Ephtes (mg Ps/fsc)	station	Prof (m)	Bio. Ephtes (mg Ps/fsc)	station	Prof (m)	Bio. Ephtes (mg Ps/fsc)
P-STD1	4,5	26,7	P-SDR1	2,7	48	P-PP1	2,7	72
P-STD2	3	22	P-SDR2	3,2	86	P-PP2	3,2	22
P-STD3	3	53	P-SDR3	2,8	37	P-PP3	2,8	53
P-STD4	4	33	P-SDR4	3,4	29,7 m	P-PP4	2,6	86 M
P-STD5	5	83 M	P-SDR5	3,1	46,7	P-PP5	2,5	55
P-STD6	3	33	P-SDR6	2,9	101,7 M	P-PP6	2,4	26
P-STD7	3	16,7 m	P-SDR7	2,5	83	P-PP7	1	36
P-STD8	3	20	P-SDR8	2	71,7	P-PP8	1	17 m
Moy	3,6	35,9	Moy	2,8	62,9	Moy	2,1	45,9

Tableau 25 : Taux de la matière organique contenu dans le sédiment de l'herbier à *Posidonia océanica* dans les différentes stations des trois sites étudiés : Stidia, Salamandre et Petit Port.

Stidia			Salamandre			Petit Port		
Station	Prof (m)	MO (%)	Station	Prof (m)	MO (%)	Station	Prof (m)	MO (%)
S-STD1	4,5	2,49	S-SDR1	2,7	2,61	S-PP1	2,7	2,54 M
S-STD2	3	2,46	S-SDR2	3,2	3,01	S-PP2	3,2	2,13
S-STD3	3	2,78	S-SDR3	2,8	2,33 m	S-PP3	2,8	2,1
S-STD4	4	2,55	S-SDR4	3,4	2,51	S-PP4	2,6	2,4
S-STD5	5	3,05 M	S-SDR5	3,1	2,71	S-PP5	2,5	2,41
S-STD6	3	2,26	S-SDR6	2,9	3,33 M	S-PP6	2,4	2,09
S-STD7	3	2,26 m	S-SDR7	2,5	2,78	S-PP7	1	1,87
S-STD8	3	2,42	S-SDR8	2	2,81	S-PP8	1	1,25 m
Moy	3,65	2,53	Moy	3,07	2,76	Moy	2,3	2,03

Tableau 26 : Résultats des analyses statistiques de l'étude du taux de la matière organique contenue dans le sédiment, de la biomasse des feuilles, la biomasse des épiphytes et des paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica*.

Paramètres	ANOVA					
	P	Test de Newman-Keuls		Test HSD de Tukey		
NFA	0,006160	(STD - SDR)	0,006133	(STD - SDR)	0,015868	Variation significative
		(STD - PP)	0,011459	(STD - PP)	0,011459	
		(SDR - PP)	0,884867	(SDR - PP)	0,988297	
LFA	0,536017	Variation non significative		Variation non significative		Variation non significative
IFA	0,000185	(STD - SDR)	0,009374	(STD - SDR)	0,024095	Variation significative
		(STD - PP)	0,000244	(STD - PP)	0,000244	
		(SDR - PP)	0,033280	(SDR - PP)	0,081026	
SFA	0,002824	(STD - SDR)	0,109408	(STD - SDR)	0,239010	Variation significative
		(STD - PP)	0,033431	(STD - PP)	0,002134	
		(SDR - PP)	0,002134	(SDR - PP)	0,081370	
CFA	0,000000	(STD - SDR)	0,000140	(STD - SDR)	0,000140	Variation significative
		(STD - PP)	0,000140	(STD - PP)	0,000147	
		(SDR - PP)	0,994879	(SDR - PP)	0,923475	
NFI	0,3718	Variation non significative		Variation non significative		Variation non significative
LFI	0,000290	(STD - SDR)	0,001385	(STD - SDR)	0,003483	Variation significative
		(STD - PP)	0,000461	(STD - PP)	0,000461	
		(SDR - PP)	0,345117	(SDR - PP)	0,60578	
IFI	0,000038	(STD - SDR)	0,000446	(STD - SDR)	0,000960	Variation significative
		(STD - PP)	0,000174	(STD - PP)	0,000174	
		(SDR - PP)	0,218486	(SDR - PP)	0,427754	
SFI	0,070114	Variation non significative		Variation non significative		Variation non significative
CFI	0,000502	(STD - SDR)	0,000459	(STD - SDR)	0,000459	Variation significative
		(STD - PP)	0,012180	(STD - PP)	0,031106	
		(SDR - PP)	0,064672	(SDR - PP)	0,149570	
NFJ	0,004674	(STD - SDR)	0,017370	(STD - SDR)	0,043765	Variation significative
		(STD - PP)	0,305974	(STD - PP)	0,554	
		(SDR - PP)	0,004334	(SDR - PP)	0,004334	
LFJ	0,298983	Variation non significative		Variation non significative		Variation non significative
IFJ	0,021800	(STD - SDR)	0,069615	(STD - SDR)	0,159886	Variation significative
		(STD - PP)	0,018013	(STD - PP)	0,018013	
		(SDR - PP)	0,289164	(SDR - PP)	0,531959	
SFJ	0,015080	(STD - SDR)	0,248033	(STD - SDR)	0,472920	Variation significative
		(STD - PP)	0,012181	(STD - PP)	0,012181	
		(SDR - PP)	0,059998	(SDR - PP)	0,139672	
NFG	0,314057	Variation non significative		Variation non significative		Variation non significative
LFG	0,081162	Variation non significative		Variation non significative		Variation non significative
IFG	0,000158	(STD - SDR)	0,001533	(STD - SDR)	0,003897	Variation significative
		(STD - PP)	0,000272	(STD - PP)	0,000272	
		(SDR - PP)	0,184636	(SDR - PP)	0,373093	

Suite du tableau 26

SFG	0,96	Variation non significative		Variation non significative		Variation non significative
CFG	0,000005	(STD - SDR)	0,000145	(STD - SDR)	0,000145	Variation significative
		(STD - PP)	0,000179	(STD - PP)	0,000233	
		(SDR - PP)	0,257736	(SDR - PP)	0,487223	
Bio. Feuilles	0,045459	(STD - SDR)	0,032633	(STD - SDR)	0,079550	Variation significative
		(STD - PP)	0,070240	(STD - PP)	0,070240	
		(SDR - PP)	0,950128	(SDR - PP)	0,997877	
Bio. Epiphytes	0,105871	Variation non significative		Variation non significative		Variation non significative
MO	0,039527	(STD - SDR)	0,227522	(STD - SDR)	0,441814	Variation significative
		(STD - PP)	0,147858	(STD - PP)	0,309819	
		(SDR - PP)	0,031247	(SDR - PP)	0,031247	

Annexe III

Tableau 01 : Caractéristiques de sédiment (Granulométrie, structure et couleur) de substrat de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la plage de Stidia.

Numéro de l'échantillon	Couleur	Granulométrie		Structure		
		Fraction fine (%)	Fraction grossière (%)	Bioclastes (%)	Lithoclastes (%)	débris des végétaux et animaux (%)
S-STD1	Gris clair	60	40	10	85	5
S-STD2	Gris clair	94	6	5	92	3
S-STD3	foncé, noire	60	40	15	60	25
S-STD4	foncé, peu hétérogène	80	20	6	86	8
S-STD5	foncé, hétérogène	70	30	10	85	5
S-STD6	Clair, hétérogène	85	15	8	86	4
S-STD7	Clair, homogène	95	5	9	90	1
S-STD8	Clair, hétérogène	90	10	4	93	3
P-STD9	foncé, hétérogène	70	30	13	85	2
P-STD10	Foncé, noire	94	6	4	96	0
S-STD1	Foncé, noire	90	10	2	98	0
Moyen		80,7	19,3	7,8	86,9	5,1

Tableau 02 : Caractéristiques de sédiment (Granulométrie, structure et couleur) de substrat de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la plage de Salamandre.

Numéro de l'échantillon	Couleur	Granulométrie		Structure		
		Fraction fine (%)	Fraction grossière (%)	Bioclastes (%)	Lithoclastes (%)	débris des végétaux et animaux (%)
S-SDR1	Clair, hétérogène	25	75	30	50	20
S-SDR2	Clair, hétérogène	35	65	40	20	40
S-SDR3	Clair, hétérogène	70	30	5	90	5
S-SDR4	foncé, hétérogène	95	5	13	80	7
S-SDR5	foncé, hétérogène	80	20	6	90	4
S-SDR6	foncé, hétérogène	75	25	10	80	10
S-SDR7	Clair, hétérogène	80	20	20	75	5
S-SDR8	Clair, hétérogène	70	30	28	64	8
S-SDR9	foncé, hétérogène	60	40	30	60	10
S-SDR10	Clair, hétérogène	60	40	30	60	10
S-SDR11	Foncé, noire	40	60	40	50	10
S-SDR12	Clair, homogène	98	2	9	90	1
Moyen		69,4	30,6	21	69	10

Tableau 24 : Caractéristiques de sédiment (Granulométrie, structure et couleur) de substrat de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la plage de Petit Port.

Numéro de l'échantillon	Couleur	Granulométrie		Structure		
		Fraction fine (%)	Fraction grossière (%)	Bioclastes (%)	Lithoclastes (%)	débris des végétaux et animaux (%)
S-PP1	Clair, + ou - homogène	90	10	30	65	5
S-PP2	Foncé, noire	30	70	50	30	20
S-PP3	Gris clair	60	40	10	80	10
S-PP4	+ ou - Clair	60	40	20	70	10
S-PP5	foncé	70	30	5	80	15
S-PP6	Clair, homogène	80	20	5	90	5
S-PP7	Clair, hétérogène	60	40	40	35	25
S-PP8	+ ou - Clair	70	30	15	80	5
S-PP9	Clair, hétérogène	90	10	10	80	10
S-PP10	Foncé, noire	95	5	5	95	0
Moyen		70,5	29,5	19	70,5	10,5

Annexe IV

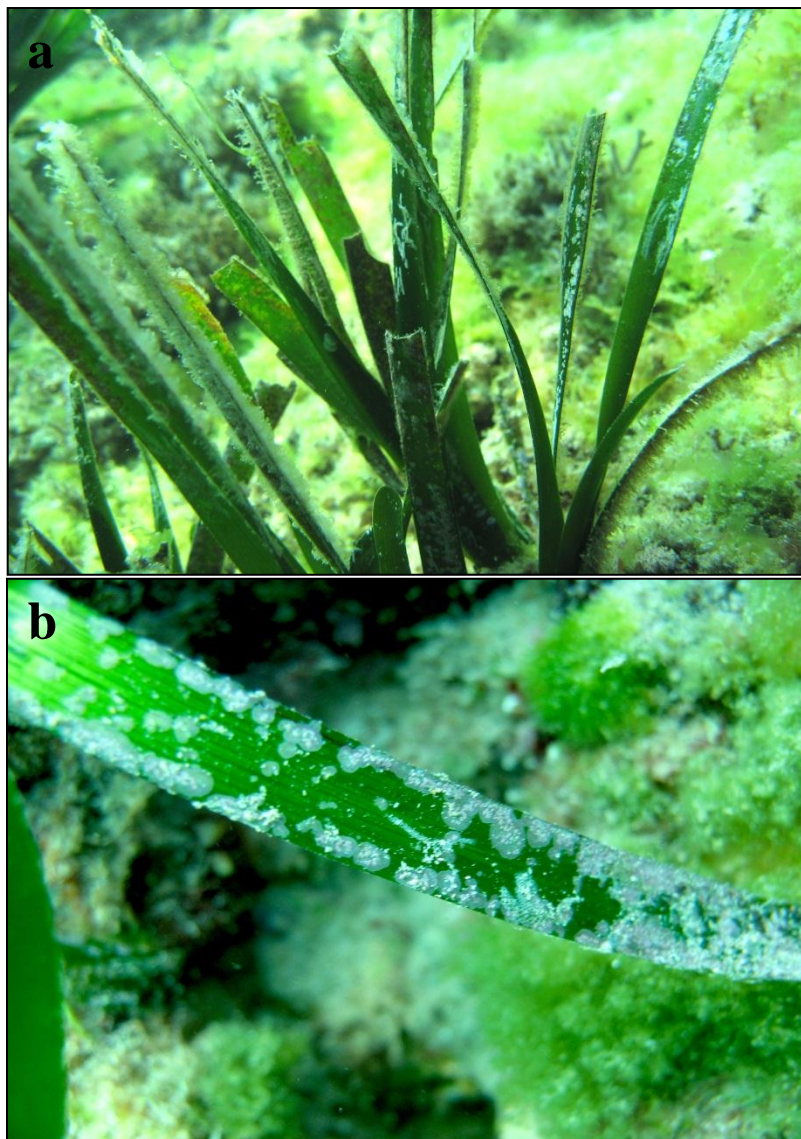


Figure A: Colonisation des feuilles de *Posidonia oceanica* par les epiphytes (a); une feuille de posidonie totalement couverte par des epiphytes (b) Photos prises à Stidia en Septembre 2013.



Figure B: Perturbation anthropique d'une habitation limitrophe de la plage de Stidia (flèches noires) (a); banquettes de la posidonie (flèches rouges) (b). Photos prises en Septembre 2013.



Figure C: Perturbation anthropique au niveau du site de Salamandre. Déchets des pêcheurs et huiles des petits bateaux de pêche (flèches noires) (a); petit plage des baigneurs “**La Crique**” (flèches oranges) et déchets (flèches rouges) des habitations du site de Salamandre (b).

Photos prises en Juin 2014.

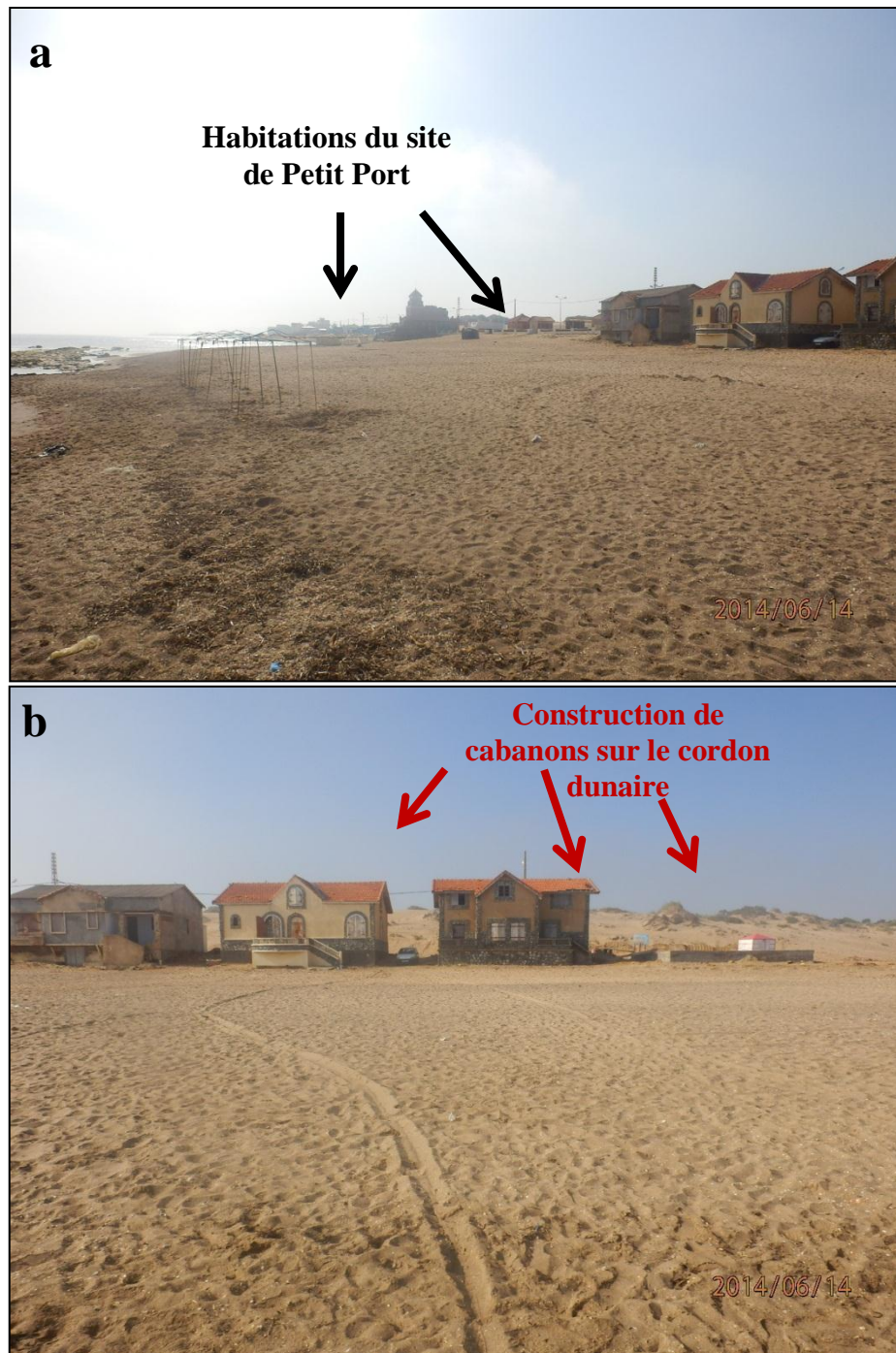


Figure D: Perturbation anthropique d'une habitation limitrophe de la plage de Petit Port (flèches noires) (a); Conséquence d'une construction de cabanons sur le cordon dunaire du site de Petit Port (flèches rouges) (b). Photos prises en Juin 2014.