

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Belarbi Fatima et Kassous Fatna

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité: Ressources Halieutiques

THÈME

Contribution à l'étude de quelques paramètres
phénologiques de l'herbier à *Posidonia oceanica*
(L.) 1813 Delile de la localité de Hadjadj
(Mostaganem)

Soutenue publiquement le 17/09/2018

DEVANT LE JURY

Président	M. Benabdellah Bachir Bouiadjra	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	M. Nor Eddine Belbachir	MAA	U. Mostaganem
Examinatrice	M ^{elle} Dehiba Benzidane	MAA	U. Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire d'Halieutique (Université de Mostaganem)



Remerciements Remerciements

*Louange tout d'abord au Bon Dieu qui ma donné la force
pour terminer ce modeste travail.*

*Toute mon infinie gratitude va à mon promoteur,
BELBACHIR.N pour son encadrement et ses conseils précieux,*

*Je remercie aussi l'ensemble des membres de jury qui m'ont fait
l'honneur d'accepter de juger mon travail.*

*Enfin je remercie mes parents et tous ceux qui ont contribué de près ou
de loin à l'élaboration de ce modeste travail qu'ils trouvent ici
l'expression de notre profonde gratitude et respect.*



Dédicace

Nous avons l'honneur de dédier ce modeste travail

*A celle qui a inséré le goût de la vie et le sens de la
responsabilité....merci MÈRE.*

A celui qui a été toujours la source d'inspiration

Et de couragemerci PÈRE.

A mes frères et sœurs A ma grand-mère

Toutes les familles,

*A tous les amis qui sont toujours été à mes côtés dans les bons et mauvais
moments.*

A tous collègues de la promotion 2017-2018, 2^{ème}

Année master en Ressource Halieutique

Tous ceux qui me connaissent de loin ou de pré.

FATIMA et FATNA

Résumé

Afin d'avoir un aperçu sur l'état de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la côte de Mostaganem, des mesures de la densité et un suivi des paramètres phénologiques a été effectué au niveau de la localité de Hadjadj, à des profondeurs moyennes de -1 m, de Février à Juin 2018.

L'herbier de Posidonie du site de Hadjadj se développe sur substrat meuble. Une densité de 365.4 faisceaux /m² a été obtenue, ce qui signifie que l'herbier est clairsemé et présente une densité anormale. Globalement, les paramètres phénologiques présentent une augmentation à partir du mois de Février vers le mois d'Avril, puis diminuent d'Avril vers Juin. Les valeurs des paramètres phénologiques du présent travail sont inférieures à données antérieures obtenues au niveau du même site. Aucune feuille juvénile n'a été signalée lors des trois mois de prélèvement, ce qui est alarmant. L'herbier de Hadjadj montre des signes de perturbation, compte tenu de sa mauvaise vitalité. Un effort considérable doit être fournis, afin de préserver les herbiers de posidonie des différentes localités de la cote de Mostaganem.

Mots clés : *Posidonia oceanica*, vitalité, densité, phénologie, Hadjadj, Anthropisation.

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 :** Répartition de *P. oceanica* le long des côtes Méditerranéennes (WANGGELUWE, 2007 Modifiée).....05
- Fig. 2 :** Rhizome plagiotrope de *Posidonia oceanica* dont partent vers le haut une demi-douzaine de rhizomes orthotropes et vers le bas des racines. Chaque rhizome porte un faisceau de feuilles. La barre d'échelle mesure 2 cm (D'après Boudouresque & Meinesz, 1982).....06
- 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).....07
- Fig 4 :** A gauche : une inflorescence de *Posidonia oceanica*. A droite : deux fleurs ; 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 Hartog (1970).....08
- Fig 5 :** Fruits de *Posidonia oceanica* (« olives de mer »). A gauche : Début de fructification. A droit Fruits mûrs (couleur brun-rouge).....09
- Fig6 :** Biofilm présent sur des feuilles de posidonies où on peut reconnaître divers types de bactéries et de diatomées (Dauby & Poulicek, 1995).....11
- Fig 7 :** Relations trophiques au sein de l'écosystème à *Posidonia oceanica*.....14
- Fig 8 :** Devenir de la production primaire (en pourcentage de carbone) de *Posidonia oceanica*. La production primaire des épiphytes n'est pas considérée ici. (D'après G. Pergent).....17
- Fig 9:** Rôle écologique de l'herbier à *Posidonia oceanica*. D'après Harmelin (1993).....18
- Fig10 :** Piégeage du sédiment et réduction de l'hydrodynamisme dans un herbier à *Posidonia oceanica*. D'après Boudouresque et Meinesz (1982, modifié).....19
- Fig 11.** Une touffe résiduelle de *Posidonia oceanica*. Les causes de son très mauvais état sont sans doute multiples : pollution, surcharge d'épiphytes, turbidité, etc. Photo GIS Posidonie.....21

Fig 12 : Situation géographique de site étudié Hadjadj plage (Source : www.maps.google.com , 2018 ; modifiée).....	27
Fig 13 : Décompte des faisceaux de Posidonies à l'intérieur du quadra de 25 x 25cm	29
Fig 14 : Etapes de traitement des faisceaux de Posidonies pour l'étude de la phénologie. Décortication d'un faisceau de Posidonie (A) ; mesure d'une feuille de Posidonie (B).....	32
Fig 15 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles adultes de <i>P. oceanica</i> par faisceau.....	37
Fig 16 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles intermédiaire de <i>P. oceanica</i> par faisceau.....	37
Fig 17 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i> par faisceau.....	38
Fig 19 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles intermédiaires de <i>P. oceanica</i>	39
Fig20 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i>	40
Fig 21 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles adultes de <i>P. oceanica</i>	40
Fig 22 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles intermédiaires de <i>P. oceanica</i>	41
Fig23 : Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles globales de <i>P. oceanica</i>	42
Fig24 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles adultes de <i>P. oceanica</i>	43
Fig 25 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de <i>P. oceanica</i>	43
Fig 26: Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i>	44
Fig 26 : Evolution mensuelle de l'indice l'épiphyte moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de <i>P. oceanica</i>	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeur de la biomasse animale de chaque compartiment trophique constituant l'écosystème à *P. oceanica* (Jimenez et al, 1997) (MS : matière sèche).....**13**

Tableau 2 : Classement des herbiers à *Posidonia oceanica* en fonction du nombre de faisceaux / m² (d'après Giraud, 1977b).....**29**

Tableau 3 : Classification de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la profondeur. Prof = profondeur (m) ; DA = densité anormale, DSI = densité subnormale inférieure, DN = densité normale (en gras), DSS = densité subnormale supérieure (d'après Pergent et al, 1995).....**30**

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES

A : Avril.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

.cm/an : centimètre par an.

cm/heure : centimètre par heure.

IF: Indice Foliaire.

J : Juin.

LFA : Longueur moyenne des Feuilles Adultes.

LFI : Longueur moyenne des Feuilles Intermédiaires.

LFJ : Longueur moyenne des Feuilles Juvéniles.

IFA : largeur moyenne des Feuilles Adultes.

IFI : largeur moyenne des Feuilles Intermédiaires.

IFJ : largeur moyenne des Feuilles Juvéniles.

m/jour : mètre par jour.

SFA : Surface Foliaire Adultes.

SFG : Surface Foliaire Globales.

SFI : Surface Foliaire Intermédiaires.

SFJ : Surface Foliaire Juvéniles.

SOMMAIRE

<i>INTRODUCTION</i>	1
<i>CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
I. Les Magnoliophytes marines.....	2
I.1.Importance.....	3
I.1. Menaces.....	4
II. Les Magnoliophytes de Méditerranée.....	5
II.1. Posidonia oceanica.....	5
II.1.1. Systématique.....	5
II.1.2. Répartition géographique.	5
II.1.3. Biologie de Posidonia oceanica.....	6
II.1.3.1.Morphologie.....	6
II.1.3.2. Croissance et développement.....	8
II.1.3.3. La reproduction.....	9
II.1.4.Ecologie.....	11
II.1.5. Les épiphytes.....	12
II.1.5.1. Les types des épiphytes.....	15
II.6.Fonctionnement de l'écosystème à Posidonia oceanica.....	16
II.7.Role de Posidonia oceanica.....	20
II.8 Cause de régressions.....	25
 <i>CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES</i>	
I. Objectif de l'étude.....	27
II. 1. Description du site de Hadjadj.....	28
III.Echantillonnage.....	29
III.1. Densité de l'herbier de Posidonies.....	29

III.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques.....	32
--	----

CHAPITRE 3 : RISULTATS ET DUSCUSSION

I.RESULTATS.....	36
I.1. Caractéristiques et densités des herbiers de Posidonies du site étudié.....	36
I.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques.....	36
I.2.1. Nombre moyen de feuilles par faisceau.....	37
I.2.1.2. Nombre moyen de feuilles adultes par faisceau.....	37
I.2.1.3. Nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau.....	37
I.2.1.4. Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par faisceau.....	38
I.2.2. Longueur moyenne des feuilles	38
I.2.2.1. Longueur moyenne des feuilles adultes	38
I.2.2.2. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires	39
I.2.2.3. Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)	40
I.2.3. Largeur moyenne des feuilles	40
I.2.3.1. Largeur moyenne des feuilles adultes.....	40
I.2.3.2. Largeur moyenne des feuilles intermédiaires	41
I.2.3.3. Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)	42
I.2.5. Surface foliaire moyenne	42
I.2.5.3. Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires	43
I.2.5.1. Surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)....	44
I.2.6.1. Indice l'épiphyte moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires).....	44
II.DESCUION.....	46
CONCLUION.....	49
REFEROUNCEBIBLIOGRAPHIQUE.....	50

Introduction

Introduction

Posidonia oceanica constitue l'une des espèces les plus importantes et les plus étudiées de l'étage infralittoral de la Méditerranée. Endémique de cette mer, la Posidonie revêt un rôle important au niveau écologique et économique (Boudouresque et al, 2006). L'herbier qu'elle forme est considéré comme un écosystème ingénieur du littoral méditerranéen et constitue la base de la richesse des eaux littorales de la méditerranée (Molinier et Picard, 1952 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). L'herbier à *Posidonia oceanica* représente surtout un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines (Pergent, 1991b).

Les herbiers de Posidonies qui couvrent certaines surfaces du littoral Algérien ont fait l'objet de plusieurs travaux, dont ceux de Semroud et al, (1992), Semroud, (1993) et Boumaza et Semroud, (2000) ; Mammeria et Djébar, (2006) et de Slimane Tamacha, (2008).

A l'exception du travail réalisé par Houari et Hamidi, (2004) et Belbachir, (2012), l'herbier à *Posidonia oceanica* de la côte de Mostaganem n'a fait l'objet d'aucunes observations permettant d'en apprécier l'état actuel. Ce travail consiste en une estimation de la densité de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la côte Mostaganemoise, ainsi qu'un suivi de la variation mensuelle de ses paramètres phénologiques, qu'on estime être primordiales, afin de pouvoir évaluer l'état de santé de l'herbier.

*E*tude

bibliographique

I. Les herbiers de Magnoliophytes marines

Les Magnoliophytes marines (Plantae, Embryobiontes) constituent un petit groupe représentant moins de 0,02 % des angiospermes (Hemminga & Duarte, 2000). Elles sont généralement regroupées en 4 familles : les Posidoniaceae, Zosteraceae, les Cymodoceaceae et les Hydrocharitaceae, celles-ci comprenant 12 genres, eux-mêmes comprenant 60 espèces et 3 sous-espèces (Kuo & Hartog, 2001).

Les Magnoliophytes marines se développent si certaines conditions particulières ont respectées, et notamment : un environnement marin, un substrat apte à être colonisé par un système racinaire, une immersion suffisante, une irradiance suffisante (Hemminga & Duarte 2000). Elles vont former de vastes herbiers principalement au niveau de l'étage infralittoral, généralement entre la surface et 30-40 m de profondeur (Hartog, 1970 ; Duarte, 1991), le plus souvent sur substrats meubles, sans exclure les rocheux (Hartog, 1970 ; Ben Alla ya, 1972 ; Platini, 2000).

Les Magnoliophytes marines se développent si certaines conditions particulières sont respectées, et notamment : un environnement marin, un substrat apte à être colonisé par un système racinaire, une immersion suffisante, une irradiance suffisante (Hemminga & Duarte 2000). Elles vont former de vastes herbiers principalement au niveau de l'étage infralittoral, généralement entre la surface et 30-40 m de profondeur (Hartog, 1970 ; Duarte, 1991), le plus souvent sur substrats meubles, sans exclure les rocheux (Hartog, 1970 ; Ben Alaya, 1972 ; Platini, 2000 ; Hemminga & Duarte, 2000). Ainsi, en tant que producteurs primaires, les Magnoliophytes marins convertissent la lumière et le dioxyde de carbone en matière organique et oxygènent les eaux environnantes (Short et Wyllie-Echeverria, 1996 ; Costanza et al, 1997). Les processus photosynthétiques sont optimisés grâce à la mince cuticule des lames foliaires, à la présence de chloroplastes dans l'épiderme plutôt que dans l'hypoderme (par opposition aux plantes terrestres) et à l'absence de stomates (Les et al. 1997).

La structure morphologique des herbiers (hauteur de la strate foliaire, réseau de racines et de rhizomes) a pour effet de ralentir les courants et ainsi, de favoriser le piégeage de sédiments et le stockage des matières en suspension dans celui-ci. La soustraction des matières en suspension à la colonne d'eau, permet le maintien d'une faible turbidité (Short et Short, 1984 ; Hemminga et Duarte, 2000). Les herbiers jouent ainsi le rôle de filtres côtiers (McGlathey et al, 2007) où le sédiment est le siège d'un recyclage efficace des nutriments grâce à l'équilibre entre les processus d'autotrophie et d'hétérotrophie (Erftemeijel et Middelburg, 1995). La proximité des herbiers avec d'autres habitats favorise les transferts trophiques et l'utilisation transversale des habitats par les poissons et les invertébrés (Beck et al, 2001 ; Green et Short, 2003). Ainsi, de nombreuses espèces récifales (Crustacés, poissons) effectuent des « raids alimentaires » dans les herbiers enrichissant la biomasse animale dans les récifs avoisinants (Bouchon-Navarro et al, 2004 ; Kopp et al, 2007).

I.1. Importance

Ils jouent un rôle écologique essentiel, notamment dans la structuration des communautés vivantes, car ils sont indispensables à la survie d'autres espèces qui leur sont associées (Bell & Harmelin-Vivien, 1983 ; Romero et al, 1992).

Ces herbiers constituent à la fois des sites de frayères, de nurseries et d'habitats permanents, ainsi qu'une source de nourriture ou de nutriments pour de nombreuses espèces (Marzelle et al. 1989 ; Marzelle et al. Ils assurent une production importante d'oxygène au niveau du sédiment (Terrados et al. 1999) et de la canopée (Frankignoulle et al. 1984 ; Terrados & Borum, 2004).

Enfin, par conséquent, le bon fonctionnement de ces écosystèmes permet la Conservation d'intérêts économiques majeurs (Costanza et al. 1997 ; Costanza et al, 1999 ; Duarte, 2000), notamment halieutiques et touristiques (Thayer et al., 1997).

I.2. Menace

La régression des herbiers a été reportée quasiment partout dans le monde (Short & Willie Echeverria, 1996) et, les activités humaines en sont souvent la cause (Short & Willie Echeverria, 1996 ; Pasqualini et al, 1998a ; Duarte, 2002). Ces pressions anthropiques sont nombreuses et impactent gravement la structure et le fonctionnement de ces écosystèmes, de manière directe ou indirecte, au travers de modifications environnementales et notamment des conditions de lumière, des concentrations en nutriments et de la dynamique sédimentaire. Elles sont matérialisées par :

L'aménagement du littoral (constructions d'habitations, d'infrastructures portuaires, endigages, modification, création de plages artificielles, pose de câbles sous-marins, Meinesz et al, 1981 ; Blanc, 1985 ; PNUE, 2001 ; Ruiz & Romero, 2003 ; Daby, 2003).

Ces aménagements sont générés par l'accroissement des populations littorales ou des activités de loisir comme la plaisance. Ils peuvent entraîner une réduction de la bande littorale où les herbiers sont susceptibles de se développer (Meinesz et al, 1992).

_ Le chalutage et mouillage des bateaux (Pasqualini et al, 1999 ; Walker et al, 1989 ; Francoeur et al, 1999 ; Duarte et al, 2004). Le chalutage provoque une abrasion du fond, la remise en suspension des sédiments, la destruction d'espèces non commerciales et donc des modifications à long terme des communautés benthiques (Boudouresque, 1996). Le mouillage peut être de plusieurs types (e.g. par ancres, corps morts isolés, corps morts et chaînes mères) et s'accompagne de l'arrachage des faisceaux, de l'abrasion des mattes.

_ Le rejet de substances polluantes toxiques pour les Magnoliophytes marines (e.g. herbicides, TBT, métaux lourds, hydrocarbures, Kelly et al, 1990 ; Short & Willie Echeverria, 1996 ; Haynes et al, 2000 ; Pergent-Martini & Pergent, 2000 ; Prange & Dennison, 2000 ; Ralph, 2000 ; Macinis-Ng & Ralph, 2003 ; Macinis-Ng & Ralph, 2004a ; Macinis-Ng & Ralph, 2004b ; Jensen et al., 2004), accompagné ou non d'une augmentation de la turbidité.

II. Les Magnoliophytes de méditerranée

II.1. Posidonia oceanica

II.1.1. Systématique

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

Règne : Plantae

Sous règne: Tracheobionta

Super division: Spermatophyta

Division : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Sous Classe : Alismatidae

Ordre : Najadales

Famille : Posidoniaceae

Genre : Posidonia

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

II.1.2. Répartition géographique

Posidonia oceanica (Figure 1) est une espèce endémique de la Méditerranée ; elle est présente dans presque tout le bassin méditerranéen (Boudouresque, 2006). A l'ouest, elle disparaît un peu avant le détroit de Gibraltar (Conde Poyales, 1989). A l'est, elle est absente des côtes d'Egypte (à l'Est du delta du Nil), de Palestine, d'Israël, du Liban (Por, 1978) et de la Syrie. Elle ne pénètre pas en mer Noire. Enfin, elle est rare ou absente dans l'extrême nord de l'Adriatique (Zalokar, 1942 ; Gamulin-Brida et al, 1973 ; Gamulin-Brida, 1974) et le long des côtes languedociennes (Boudouresque & Meinesz, 1982).

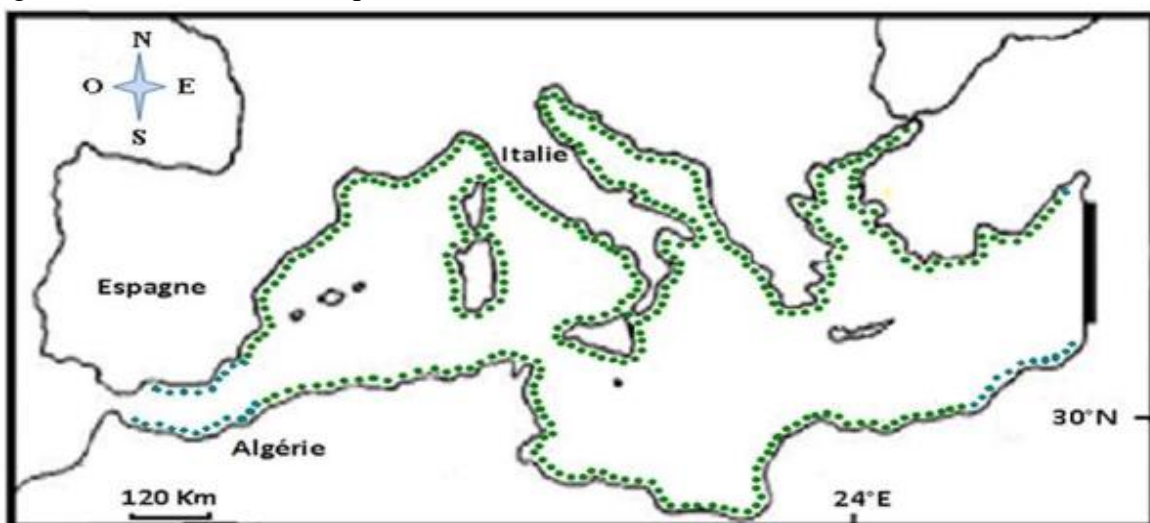


Fig. 1 : Répartition de *P. oceanica* le long des côtes Méditerranéennes (WANGGELUWE, 2007 Modifiée).

II.1.3. Biologie de *Posidonia oceanica*

II.1.3.1. Morphologie

Posidonia oceanica est constituée par des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment, que l'on nomme rhizomes. Les rhizomes rampants sont dits plagiotropes et les rhizomes dressés sont dits orthotropes. Les rhizomes se terminent par des groupes de 4 à 8 feuilles (faisceaux), larges de 8-11 mm et longues de 20-80 cm.

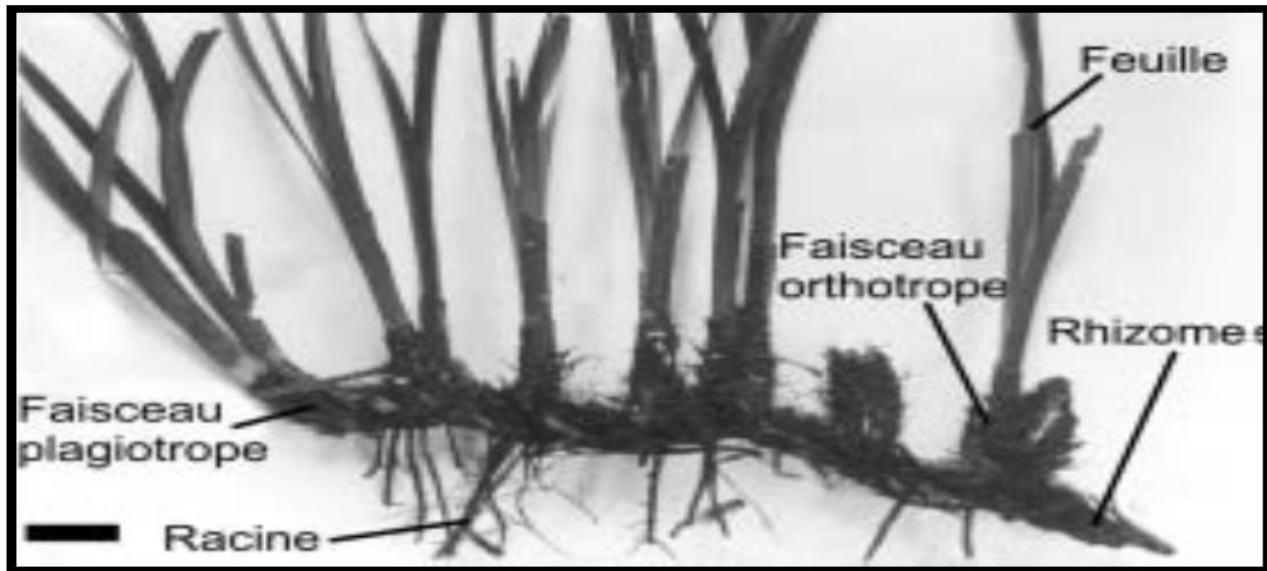


Fig.2 : Rhizome plagiotrope de *Posidonia oceanica* dont partent vers le haut une demi-douzaine de rhizomes orthotropes et vers le bas des racines. Chaque rhizome porte un faisceau de feuilles. La barre d'échelle mesure 2 cm (D'après Boudouresque & Meinesz, 1982).

II.1.3.2. Croissance et développement

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. On lui donne alors le nom d' « écaille » (Figure 2). La chute des feuilles, comme leur formation, se produit tout au long de l'année (Pergent & Pergent-Martini, 1991). 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. On désigne sous le nom de lépidochronologie l'analyse de ces cycles annuels (Crouzet, 1981 ; Crouzet et al, 1983 ; Pergent et al, 1983 ; Pergent, 1990a).

La lépidochronologie (Figure 4) constitue un outil puissant 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 & Pergent-Martini, 1990, 1991 ; Pergent et al, 1992 ; Pergent-Martini & Pergent, 1994 ; Pergent-Martini, 1998).

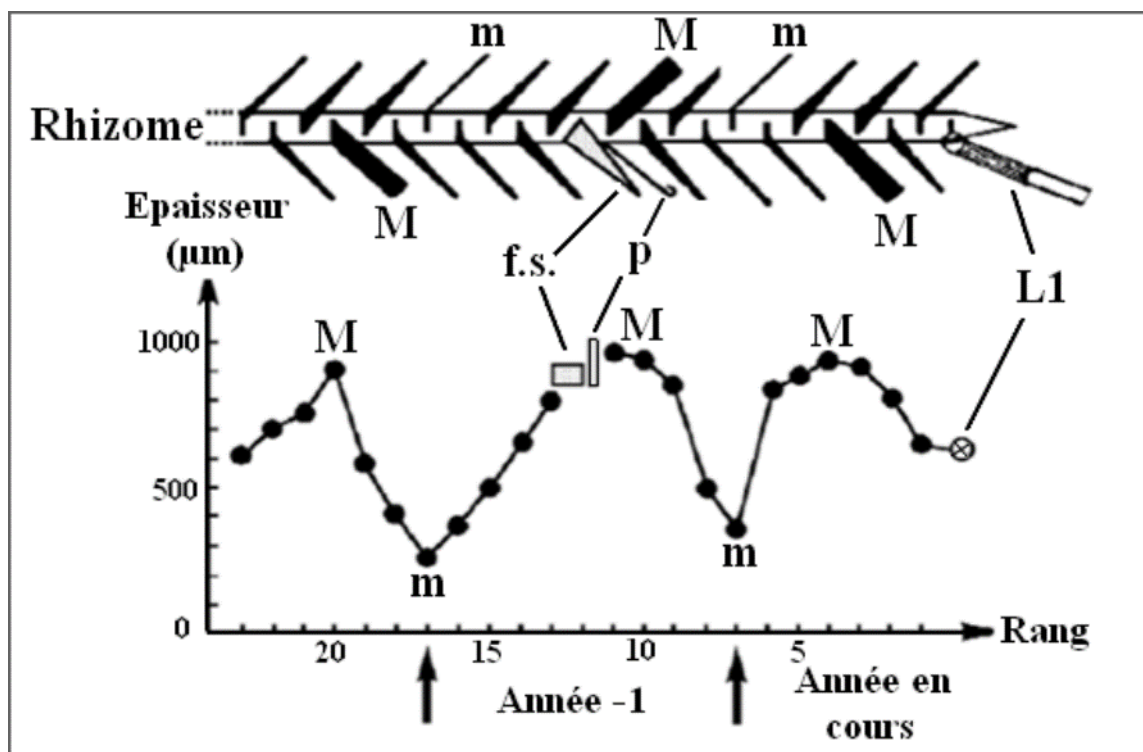


Fig.3 : La lépidochronologie. En haut : disposition des écailles le long d'un rhizome de *Posidonia oceanica*. En bas : épaisseur des écailles (en μm). M : maximum d'épaisseur. m : minimum d'épaisseur. f.s. restes d'un pédoncule floral. P : prophyll (= préfeuille) accompagnant le pédoncule floral. L1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

II.1.3.3. La reproduction

On distingue 2 types de reproduction :

➤ La reproduction asexuée

Elle est assurée par les rhizomes plagiotropes (horizontaux) qui permettent le développement de feuilles au fur et à mesure de leur croissance. Il s'agit donc d'une simple multiplication végétative.

➤ La reproduction sexuée

La reproduction de la posidonie se fait surtout de manière asexuée par bouturage. Pour ce qui concerne la reproduction sexuée, 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 (Figure 5). 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 & Meinesz, 1982 ; Mazzella et al, 1983, 1984 ; Caye & Meinesz, 1984 ; Pergent, 1985 ; Pergent et al, 1989a Acunto et al, 1996 ; Piazzini et al, 1999 ; Gobert et al. 2005). La floraison semble induite par des températures printanières et/ou estivales élevées et par une température avoisinant 20°C en octobre (Caye & Meinesz, 1984 ; Pergent et al, 1989a ; Stoppelli & Peirano, 1996).

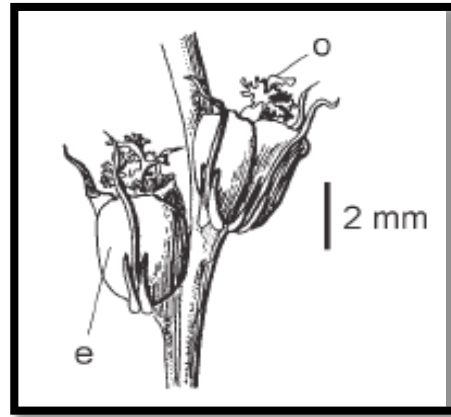
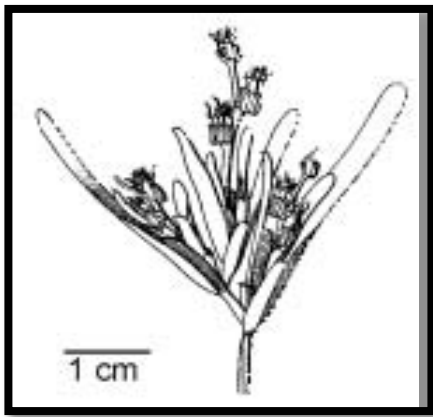


Fig 4 : A gauche : une inflorescence de *Posidonia oceanica*. A droite : deux fleurs ; les étamines (e) sont situées à l'extérieur ; on aperçoit le sommet de l'ovaire doté de denticulations susceptibles d'accrocher le pollen filamenteux (o). D'après Hartog (1970).

La fécondation donne naissance à des fruits (Figure 6) 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 (Figure 6). Ils contiennent une seule graine. Ces fruits flottent un certain temps. Selon l'orientation des courants ils s'échouent sur la plage ou s'ouvrent libérant la graine qui coulera vers le fond, où elle germera, sans période de dormance, si les conditions du substrat sont favorables (Hartog, 1970 ; Boudouresque & Meinesz, 1982 ; Caye & Meinesz, 1984 ; Cinelli et al, 1995). Bien que le potentiel de germination des graines soit élevé (Balestri et al, 1998) et que de jeunes plants issus de graines aient déjà été observés in situ (Acunto et al., 1996 ; Piazzini et al., 1996 ; Balestri et al., 1998 ; Gambi & Guidetti, 1998 ; Piazzini et al., 1999), 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 & Picard, 1952 ; Meinesz et al., 1992 ; Procaccini & Mazzella, 1996).



Fig 5 : Fruits de *Posidonia oceanica* (« olives de mer »). A gauche : Début de fructification. A droite Fruits mûrs (couleur brun-rouge).

II.1.4. Ecologie

Comme l'ensemble des Magnoliophytes, *Posidonia oceanica* est très sensible à la disponibilité en lumière et ne peut survivre en dessous de 10 à 16% de l'irradiance de surface (Alcoverro et al, 2001 ; Ruiz et Romero, 2001). La lumière facteurs les plus importants pour la répartition et la densité des herbiers à *Posidonia oceanica* (Elkalay et al, 2003).

Posidonia oceanica est une espèce sténohaline, ne pouvant survivre en dessous de (Ben Alaya, 1972) ; ce qui explique son absence au niveau des étangs saumâtres de la cote languedocienne et au voisinage de l'emboucheur des fleuves des côtières. Elle semble mieux résister aux salinités élevées, bien que Ben Alaya (1972) ait indiqué que 41% constituait sa limite supérieure de tolérance, puisqu'elle a été observée dans des lagunes hyper salines en Tunisie et Lybie (Pergent et Zaouali, 1992 ; Pergent et al, 2002).

Posidonia oceanica est présente pour des températures situées entre 10,5 et 30,0°C ; sa croissance est optimale entre 17,0 et 20,0 °C (Hartog, 1970 ; Ben Alaya, 1972 ; Augier et al, 1980). Les températures extrêmes mesurées dans un herbier sont 9,0 et 29,2 °C (récif-barrière de la baie de Port-Cros, Var, France ; Augier et al, 1980 ; Robert, 1988). Celebi et al, (2006) indique comme limite maximale de température pour la croissance de *Posidonia oceanica* la valeur de 28,4 °C.

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 (Boudouresque, 2006).

II.1.5. Les épiphytes

Le terme épiphyte comprend l'ensemble des organismes vivant à la surface d'une plante (ici, la feuille de *P. oceanica*). Parmi ceux-ci, on distingue les organismes vagiles (organismes mobiles liés au substrat par les conditions écologiques qu'il procure) et les organismes fixés (attachés au substrat).

Ces épiphytes participent activement à la production primaire totale de l'écosystème "herbier" (27, 5 % ; Dauby et al, soumis) 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 ; Le point 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 épiphytique peut poser problème à la plante puisque la lumière, indispensable au bon fonctionnement de la photosynthèse, atteint alors plus difficilement la surface foliaire (Howard, 1982). Cependant, il semble que, dans des conditions normales (sans phénomène d'eutrophisation qui augmente de

manière importante la croissance des épiphytes, par exemple), les gains en carbone de la phanérogame ne sont pas trop diminués (entre 4,7 et 8,8 % suivant la saison et la profondeur ; Alcovero et al, 2004).

En plus d'une variation de biomasse, la profondeur et la saison sont également responsables de variations spécifiques au sein de la communauté épiphyte et une zonation, qui se marque par des variations de l'abondance relative des différentes espèces, est également observée le long de la feuille, principalement en ce qui concerne les algues (Livingston, 1984 ; Novak, 1984 ; Mazzella et al, 1995 ; Trautman & Borowitzka, 1999).

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 & Russo, 1989 ; Cinelli et al, 1995 ; Mazzella et al, 1995 ; Lepoint et al, 2000 ; Vizzini et al, 2002). 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 appartiennent 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 (figure 7), peut coloniser une portion relativement grande de la feuille (20 à 60 % ; Dauby & Poulicek, 1995), et va fournir le substrat de base pour l'installation des autres organismes de la faune et de la flore épiphytes tels les algues, les foraminifères, les bryozoaires, les hydrozoaires, des tuniciers ou encore différents types d'annélides polychètes (Crisp & Ryland, 1960 ; Kerneis, 1960 ; Novak, 1984 ; Chimenz et al., 1989 ; Keough & Raimondi, 1995 ; Wiczorek & Todd, 1997 ; Keough, 1998).

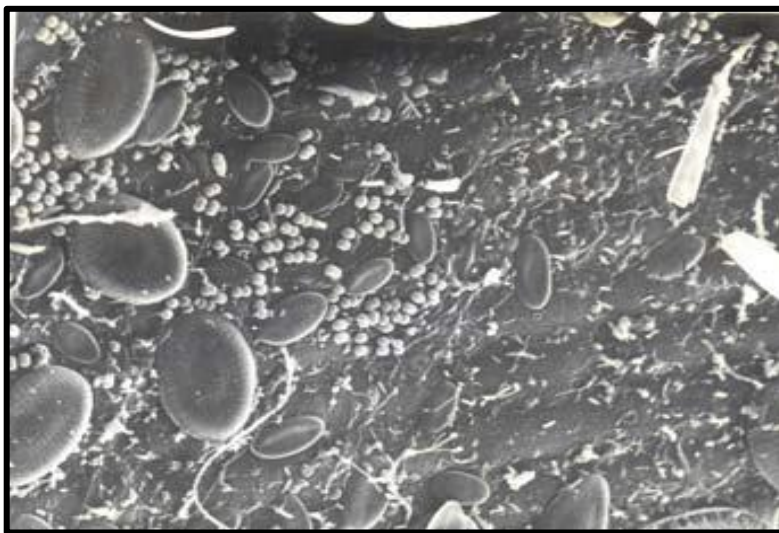


Fig6 : Biofilm présent sur des feuilles de posidonies où on peut reconnaître divers types de bactéries et de diatomées (Dauby & Poulicek, 1995).

Parmi les espèces dites vagiles, on trouve le plus souvent 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 posidonies et ses épiphytes fixés fournit des avantages considérables pour cette faune vagile, comme une grande disponibilité des ressources alimentaires (microépiphytes, matière organique particulière) et un grand choix de zones de refuge (Bell et al, 1984 ; Chimenz et al, 1989 ; Mazzella & Russo, 1989 ; Connolly & Butler, 1996 ; Scipione et al, 1996).

II.1.5.1. Les types des épiphytes

➤ *La flore épiphyte*

La flore épiphyte est composée d'une part d'un feutrage épiphyte comprenant des diatomées et des cyanobactéries et d'autre part de macroalgues. Dans les macroalgues, nous trouvons principalement des rhodophycées (algues rouges), des phaeophycées (algues brunes) et des chlorophycées (algues vertes). Des algues encroûtantes telles les mélobésiées et corallinacées sont aussi fort présentes. De par leur abondance les algues épiphytes représentent un compartiment important dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. Les algues calcaires sont responsables d'un dépôt de carbonate de calcium et de magnésium qui peut atteindre plus de 100 g de carbonate mixte m-2 an-1 (Canals et Ballesteros, 1997).

➤ *La faune épiphyte*

La faune épiphyte des feuilles de *P. oceanica* est constituée d'un grand nombre d'organismes différents (Figure 7). On peut notamment y rencontrer des ciliés, des foraminifères, des nématodes, des polychètes, des tuniciers (principalement coloniaux), des bryozoaires et des hydrozoaires (Kerneis, 1960 ; Novak, 1984 ; Chimenz et al, 1989 ; Aladro-Lubel & Martinez-Murillo, 1999). Ces deux derniers groupes sont d'ailleurs les groupes dominants de l'épifaune des feuilles de posidonie, auxquels sont parfois ajoutés les foraminifères (Chimenz et al, 1989). Cette épifaune apparaît un peu après l'installation des algues encroûtantes et certains organismes plus précoces peuvent même apparaître après environ une semaine (Novak, 1984).

II.1.6. Fonctionnement de l'écosystème à *Posidonia oceanica*

Les herbiers à phanérogames marines sont des écosystèmes à deux compartiments producteurs primaires principaux (Maeto et al, 2006; Barowitzka & al, 2006). Le premier producteur primaire n'est autre que la phanérogame marine tandis que les algues épiphytes correspondent au second. On peut cependant ajouter le microphytobenthos vivant sur le sédiment entre les pousses. La contribution à la production primaire due aux épiphytes végétaux peut varier de 20 à 60% du total de la production, suivant le type de communauté. (Marba et al, 2006).

➤ *La biomasse végétale*

La biomasse végétale est très élevée jusqu' à 9900 g MS/mm² pour les feuilles, jusqu'à 470 g MMS/m² pour les épiphytes des feuilles (Figure 24), jusqu'à 50 g MS/m² pour les épiphytes des rhizomes et jusqu'à 55000 g MS/mm² pour les rhizomes, les écailles et les racines ; elle diminue avec la profondeur (Thelin et Bedhome, 1983 ; Pirc, 1983 ; Libes, 1984 ; Boudouresque et Jeudy De Grissac, 1986 ; Ballesteros, 1987 ; Francour, 1990 ; Mazzella et al., 19992). Aucun autre écosystème marin (à l'exception de la mangrove) ne présente une biomasse végétale aussi élevée. Cela est dû au stockage de la biomasse, sur une longue période de temps, dans la matre. Biomasse végétale élevée et stockage sont des attributs habituellement associés aux écosystèmes forestiers continentaux.

➤ **La biomasse animale**

La biomasse animale est considérablement plus faible que la biomasse végétale. Il s'agit également d'une caractéristique que l'écosystème à *P. oceanica* partage avec les écosystèmes forestiers continentaux. Pour chaque groupe taxonomique ou compartiment trophique, les valeurs varient considérablement d'une station à l'autre et en fonction de la profondeur (Tableau 1).

Tableau 1 : Valeur de la biomasse animale de chaque compartiment trophique constituant l'écosystème à *P. oceanica* (Jimenez et al, 1997) (MS : matière sèche)

Compartiment trophique	Biomasse (g MS//m²)
<i>Epiphytes des feuilles</i>	de 2 à 180
<i>Poissons</i>	de 2 à 25
<i>Etoile de mer (Marthasterias glacialis)</i>	0,2
<i>Mollusques et crustacés vagiles</i>	de 3 à 6
<i>Oursins (Paracentrotus lividus set Psammechinus microtuberculatus)</i>	de 2 à 33
<i>Holothuries (Holothuria polii et Holothuria tubulosa)</i>	de 6 à 9
<i>Endofaune de la matre</i>	de 50 à 70

Une faible part (moins de 110 %) de la production primaire de *P. oceanica* est utilisée par des herbivores. Il s'agit principalement du poisson *Sarpa salpa*, de l'oursin *Paracentrotus lividus*, des crustacés isopodes *Idotea hectica*, des araignées de mer *Pisa mucosa* et *P. nodipes* (Rico-Raimondino, 1995 ; Boudouresque et Verlaque, 2001).

Une partie importante de la production primaire (24 à 85%) est exportée, sous forme de feuilles mortes (Cebrian et Duarte, 20001). Ces feuilles mortes constituent, dans d'autres écosystèmes, une ressource alimentaire non négligeable : elles peuvent constituer jusqu'à 40% du contenu digestif de l'oursin *Paracentrotus lividus*, dans une communauté de substrat dur éloignée de plusieurs centaines de mètres de l'herbier le plus proche (Verlaque et Nedelec, 1983 ; Cebrian et Duarte, 2001). Elles peuvent également s'accumuler, temporairement, sur les plages, où elles constituent des banquettes qui peuvent parfois atteindre des hauteurs de 2,5 mètres (Farghaly et Denizot, 1984). Une partie des feuilles mortes de *P. oceanica* reste au sein de l'herbier, où elles constituent la litière. C'est

en été et en automne (à faible profondeur) et en hiver (en profondeur) que la litière est la plus abondante. Sa masse augmente avec la profondeur, et représente entre 25 et 200% par rapport à la biomasse des feuilles vivantes (Pergent-Martini et al. 1992b ; Romero et al. 1992 ; Mateo-Minguez, 1995).

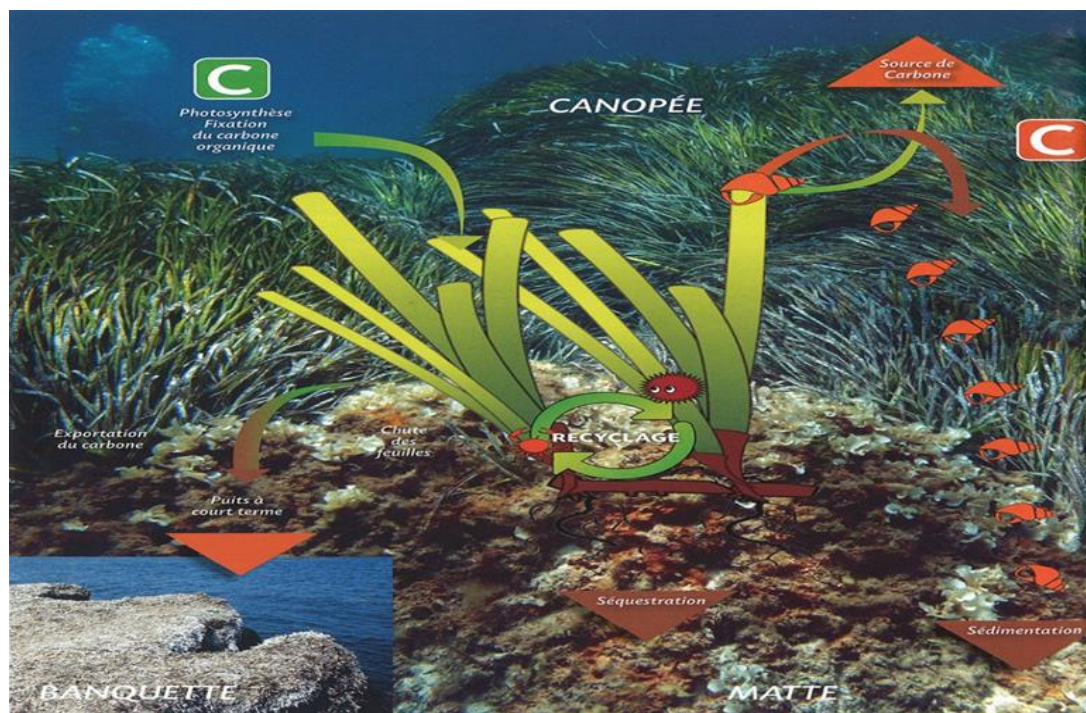


Fig 7 : Relations trophiques au sein de l'écosystème à *Posidonia oceanica*

Sa dégradation (micro-organismes et détritivores) est relativement lente (Pergent et al. 1994). La voie des détritivores constitue la principale voie de transfert de la production primaire des feuilles de *P. oceanica* dans l'écosystème (Chessa et al. 1983 ; Boudouresque et al. 1994b).

Au début de la chaîne des détritivores se situent les oursins *Psammechinus microtuberculatus* et *Sphaerechinus granularis*, les crustacés amphipodes *Atylus guttatus*, *Melia palmata* et *Gammarella fucicola*, l'isopode *Zenobiana prismaticus* et le brachyoure *Sirpus zariquieyi*, qui dilacèrent les feuilles mortes (Mazzella et al. 1986). Plus loin dans la chaîne trophique, on trouve l'holothurie *Holothuria tubulosa* et les ophiures *Ophiura texturata* et *Ophioderma longicauda* (Verlaque, 1981 ; Zupo et Fresi, 1984 ; Coulon et Jangoux, 1992). En fait, la dégradation effective est surtout le fait de bactéries et de Fungi (*Corollospora maritima*), les autres organismes jouant surtout un rôle dans la **fragmentation** des débris de feuilles (Cuomo et al. 1982 ; Mazzella et al. 1995). De nombreux prédateurs se nourrissent des invertébrés de petite taille, qu'ils vivent sur les feuilles, dans la litière ou dans la matte.

II.1.7. Role de *Posidonia oceanica*

Le rôle des herbiers à *Posidonia oceanica*, en milieu marin littoral, est souvent assimilé, à juste titre, à celui exercé par la forêt en milieu terrestre. Ces herbiers constituent la base de la richesse des eaux littorales en Méditerranée, par les surfaces qu'ils occupent soit 20 à 50% des fonds entre 0 et 50 m de profondeur ce qui

équivalait à une surface de 25.000 à 50.000 km² qui correspond à taux de 1 à 2% de la surface totale de cette mer (Pasqualini et al, 1998), ce qui, au vu de la faible étendue du plateau continental, en fait l'écosystème le plus important du domaine côtier méditerranéen. Herbier de *Posidonia oceanica* est d'un très grand intérêt non seulement écologique mais aussi économique, avec des impacts tant physiques que biologiques sur son environnement :

➤ **Rôle de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans les équilibres écologiques du système littoral**

Comme la majeure partie des peuplements édifiés par des espèces de Magnoliophytes marines, les herbiers à *Posidonia oceanica* assument un rôle écologique de tout premier plan.

Ces Magnoliophytes produisent d'énormes quantités de matière végétale qui constituent la base de nombreuses chaînes trophiques (MC Roy et Macmillan, 1977 ; Marzella *et al.* 1992 ; Pergent-Martini *et al.* 1994 ; Romero, 2004b). Cette production primaire est comparable ou supérieure à celle d'autres milieux à forte production, qu'ils soient terrestres (forêts tempérées et tropicales, cultures céréalières) ou océaniques (zones d'upwelling¹⁹, mangroves, récifs coralliens et estuaires) (synthèse *in* Fergusson *et al.* 1980). Les herbiers à Magnoliophytes marines, qui n'occupent que 0.15% de la surface de l'océan mondial, contribuent à 1% de la production primaire nette océanique, soit 6Gt C/a (*in* Duarte et Chiscano, 1999 ; Templado, 2004). C'est le cas des herbiers à *Posidonia oceanica*, l'un des écosystèmes les plus productifs de la planète.

L'essentiel de la production de *Posidonia oceanica* est donc assimilé par les détritivores (microorganismes, crustacés, gastropodes, échinodermes) qui seront ensuite consommés et intégrés dans le réseau trophique. Les quelques macro-herbivores présents (l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*, le crustacé isopode *Idotea baltica* et le poisson *Sarpa salpa*) peuvent Néanmoins jouer localement un rôle important en fonction de leurs effectifs (Pergent *et al.* 1993 ; Alcoverro *et al.* 1997 ; Have lange *et al.* 1997 ; Romero, 2004b). Il convient également de noter que les Magnoliophytes servent de support pour de nombreuses espèces de végétaux épiphytes qui assurent une forte production primaire, qui s'ajoute à celle de la Magnoliophytes elle-même (Modigh *et al.*, 1998) et surtout une nourriture spécifique pour de nombreuses espèces animales (Borowitzka et Lethbridge, 1989 ; Marzelle *et al.*, 1992 ; Have lange *et al.*, 1997). Chez *Posidonia oceanica*, la biomasse des épiphytes varie entre 6 et 34% de la biomasse épigée (Mazzella et Ott, 1984 ; Le point *et al.* 1999). Les bactéries présentes sur la plante, mais également au niveau du substrat, ainsi que la forte production phytoplancton que mesurée au niveau de la canopée, contribuent de façon significative à cette production (Velimirov et Walenta-Simon, 1992 ; Elkalay, 2002 ; Gobert, 2002).

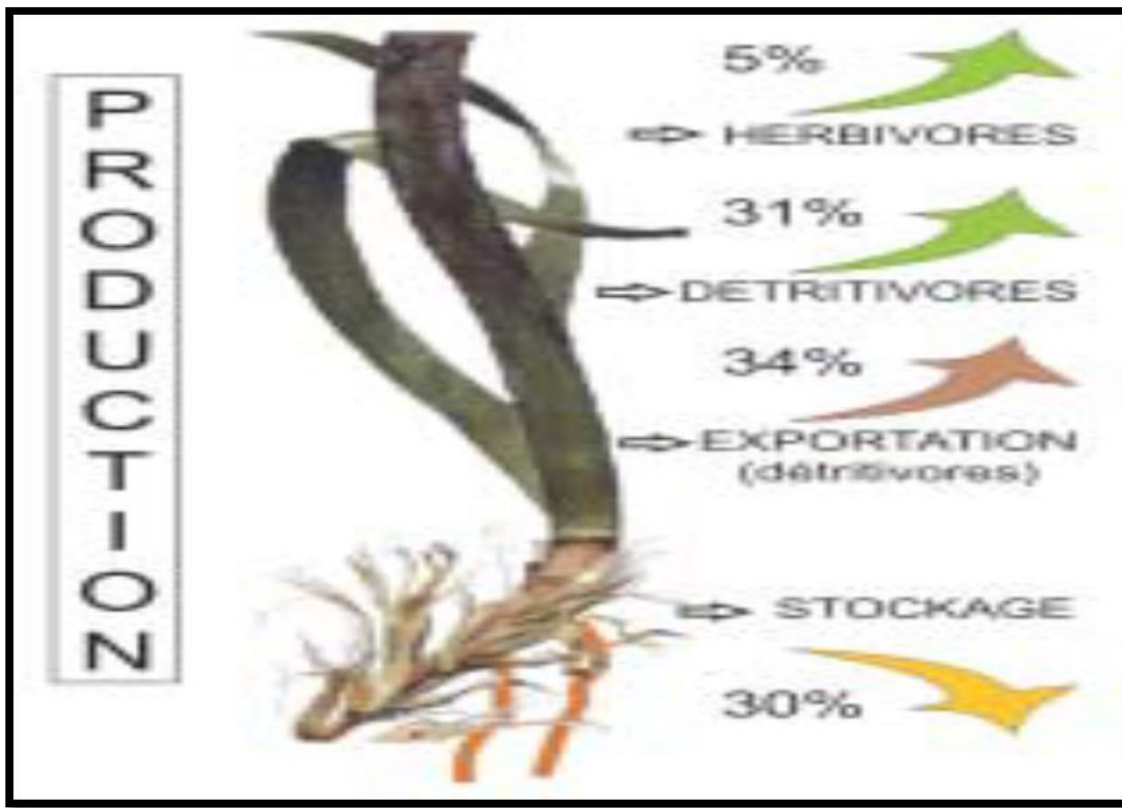


Fig 8 : Devenir de la production primaire (en pourcentage de carbone) de *Posidonia oceanica*. La production primaire des épiphytes n'est pas considérée ici. (D'après G. Pergent).

Enfin, les herbiers à *P. oceanica* constituent une frayère²⁰, une nurserie ou un habitat permanent pour de très nombreuses espèces (Figure 10) ; plus de 400 espèces différentes de végétaux et plusieurs milliers d'espèces animales peuplent les herbiers à *P. oceanica*, et font de ces prairies sous-marines un pôle de biodiversité ("hot spot") unique (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Bell et Harmelin-Vivien, 1982 ; Bellan-Santini *et al.* 1994 ; Francour, 1997 ; Boudouresque, 2004). Basedes réseaux trophiques, les herbiers sont un facteur essentiel de l'organisation des communautés animales et contrôlent la complexité de l'habitat, la diversité des espèces et l'abondance des invertébrés associés (Heck et Wheatstone, 1977 ; Stone, 1980 ; Mazzella *et al.*, 1992). Toutes ces espèces vivent à la surface des feuilles (fixées ou vagiles²¹), du sédiment, au voisinage des feuilles mais également au sein de la "matte" qui héberge une faune particulièrement riche et variée (Bellan-Santini *et al.*, 1986 ; Francour, 1990 ; Somaschini *et al.*, 1994).

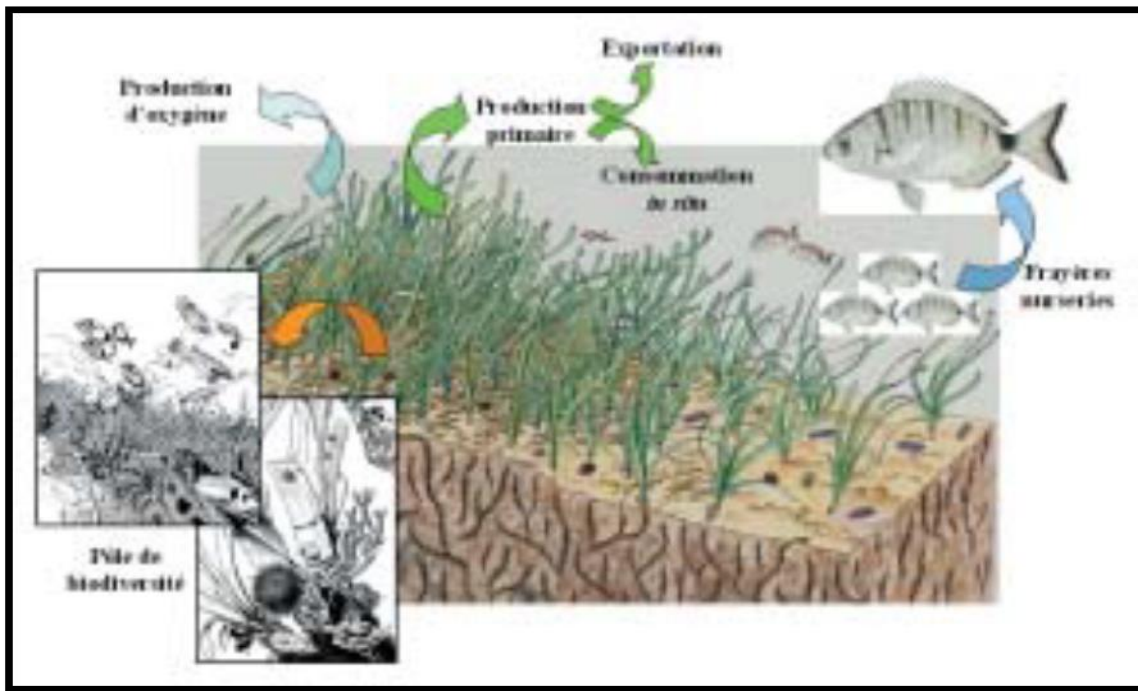


Fig 9: Rôle écologique de l'herbier à *Posidonia oceanica*. D'après Harmelin (1993)

➤ **Rôle dans les équilibres physiques du système littoral**

Au niveau des fonds littoraux, les herbiers à *Posidonia oceanica* 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 ; Gracia et Duarte, 2001 ; SDAGE, 2003 ; Romero, 2004b). Ce sédiment est ensuite retenu, sous la canopée²², entre les rhizomes et les racines pour constituer ainsi une structure unique, la "matte", dans laquelle il représente entre 20 et 60% du volume (Fig. 31, 32) (Jeudy de Grissac, 1984a). 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 "matte"), permettant de lutter contre

L'enfouissement (Molinier et Picard, 1952). Cette vitesse de croissance est très variable en fonction du site et de l'échelle de temps ; l'allongement des Rhizomes, mesuré au moyen de la lépidochronologie, varie entre 3.2 et 20.9mm/an (7.4mm/an en moyenne in Pergent *et al*, 1995) ; des valeurs supérieures ont été observées (Boudouresque *et al*, 1984).

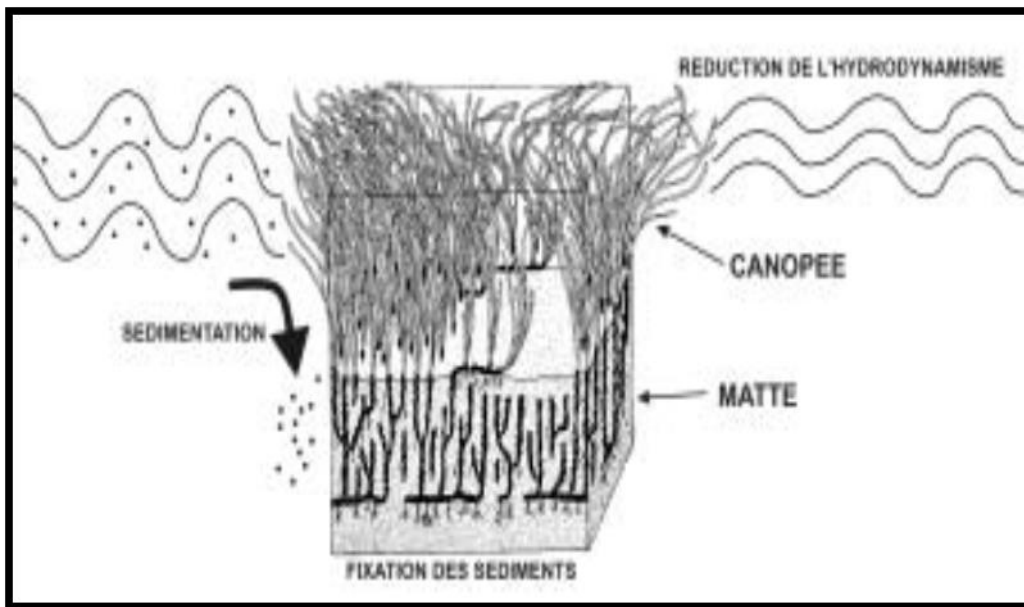


Fig10 : Piégeage du sédiment et réduction de l'hydrodynamisme dans un herbier à *Posidonia oceanica*. D'après Boudouresque et Meinesz (1982, modifié).

La biomasse végétale considérable de l'herbier à *P. oceanica* constitue également une sorte d'écran qui freine et **amortit efficacement l'hydrodynamisme** (houles, courants) au niveau des fonds (Figure 10). Cette réduction de l'hydrodynamisme a fait l'objet de mesures en laboratoire (Société ICI, laboratoire de Delft, Pays-Bas ; données inédites) et *in situ*, dans des herbiers continus (Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985 ; Gambi *et al.* 1989 ; Gacia et Duarte, 2001 ; Duarte, 2004). 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). L'hydrodynamisme est également réduit au-dessus de l'herbier. A quelques dizaines de centimètres au-dessus de la canopée, la réduction de la vitesse du courant est de 20% (Gacia et Duarte, 2001).

Pour d'autres espèces de Magnoliophytes marines, de taille et de structure similaires (par exemple *Zostère marina* et *Amphiboles griffithsii*), les valeurs de réduction de l'hydrodynamisme, sous la frondaison et au-dessus, sont du même ordre de grandeur (Fonseca *et al.* 1982a ; Gambi *et al.* 1990 ; Komatsu, 1996 ; Van Kerulen et Borowitzka, 2002).

En automne, l'augmentation de la masse de feuilles mortes (rythme de chute des feuilles, taille des feuilles) se conjuguent aux conditions météorologiques (renforcement de l'hydrodynamisme, Tempêtes d'équinoxe) pour transporter de grandes quantités de cette matière végétale morte vers les plages (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Pergent *et al.* 1997 ; Walker *et al.* 2001). Les feuilles s'accumulent sur le rivage au gré des courants et constituent de véritables **Banquettes** à même de **protéger les plages** de l'érosion, notamment lors des tempêtes Hivernales (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Jeudy De Grissac et Audoly, 1985 ; Chessa *et al.* 2000 ; SDAGE, 2003). Malgré l'aspect, au premier Abord, inhospitalier²³ de ces banquettes, leur maintien sur les plages apparaît donc comme un Élément indispensable dans une optique de protection du littoral ; leur retrait régulier dans de nombreuses communes (dans le cadre du "nettoyage" des plages) S'accompagne souvent d'un recul significatif du trait de côte (Pergent et Kempf, 1993 ; Pasqualini, 1997b).

II.1.8. Causes de régressions

La régression récente de *P. oceanica*, à l'échelle de la plus grande partie de la Méditerranée, peut donc difficilement être seulement attribuée à une "désadaptation" récente, ni à l'épisode de réchauffement des eaux (Béthoux et Gentili, 1998 ; Salat et Pascual, 2002) qui s'observe depuis une trentaine d'années.

Il est clair que les activités humaines constituent le principal facteur de régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. (Figure. 12). Il est toutefois important de noter que, dans un herbier à *Posidonia oceanica*, la présence d'intermattes sableuses ou constituées de "matte morte" peut constituer un phénomène normal, résultant de la dynamique naturelle de l'herbier, avec des alternances de dépérissement des faisceaux de feuilles et de recolonisation (Boudouresque et al, 1986a, 1986b ; Meinesz et al, 1988). L'utilisation du pourcentage de "mattes mortes" par rapport à l'herbier vivant comme indice de dégradation de l'herbier (Moreno et al, 2001) doit donc être extrêmement prudente.



Fig 11. Une touffe résiduelle de *Posidonia oceanica*. Les causes de son très mauvais état sont sans doute multiples : pollution, surcharge d'épiphytes, turbidité, etc. Photo GIS Posidonie.

La sensibilité des herbiers à *Posidonia oceanica* aux impacts humains fait de cet écosystème l'indicateur biologique par excellence de ces impacts en milieu côtier (Pergent et al, 1995 ; Boudouresque et al, 2000 ; Guidetti, 2001 ; Charbonnel et al, 2003). L'efficacité du choix de *P. oceanica* pour les études d'impact est accentuée par le rôle que jouent les herbiers dans les équilibres littoraux en Méditerranée. En outre, la très large distribution de *P. oceanica* en Méditerranée permet des études comparatives aux échelles les plus diverses, depuis un secteur de côte particulier jusqu'à l'échelle du bassin méditerranéen dans son ensemble.

*M*atériels et

*M*éthodes

I. Objectif de l'étude

La présente étude aborde l'état de santé de l'herbier à *Posidonia oceanica*, évalué à travers la mesure de la densité et le suivi de la variation mensuelle de quelques paramètres phénologiques.

II. Présentation de site d'étude

Le sujet abordé au cours de ce travail a été réalisé sur situé à Hadjadj ; situés au Nord-est de la ville de Mostaganem.



Fig 12 : Situation géographique de site étudié Hadjadj plage (Source : www.maps.google.com, 2018 ; modifiée).

II.1. Description du site de Hadjadj

Le site de Hadjadj est à une distance d'environ 40 Km au Nord-est de la ville de Mostaganem (Coordonnées géographiques : 36° 08' N / 1° 80' E). Situé entre deux embouchures, notamment celles de l'oued Chélif et de

l'oued Abid, ce site, (présente une zone sableuse ouverte vers le Nord exposée totalement au vent dominant Nord-Est), se caractérise par la présence d'un système dunaire vierge à l'état naturel. Quelques habitations (cabanons) sont construites sur ce cordon dunaire ; par conséquent lors des périodes de mauvais temps, le sable envahit pratiquement tous les abords de ces cabanons, ainsi que toutes les ruelles. Le linéaire côtier et la largeur des plages du site de Hadjadj sont assez importants. L'aspect sous-marin de ce site, est majoritairement constitué de substrat sableux ; la présence de substrat rocheux n'est que ponctuel.

Un herbier superficiel de *Posidonies* se développe à -0.7 m de profondeur succédant à de très petites prairies de *Cymodocea nodosa* ; au-delà de -1 m de profondeur, l'herbier disparaît et laisse place à un substrat à caractère sableux. Le site de Hadjadj est situé à environ 10 Km de la ville Hadjadj, qui compte environ 18000 habitants (source : www.citypopulation.de, 2012). Cette région constitue une zone agricole par excellence (Principalement la vigne et la culture maraichères) depuis l'ère coloniale

III. Echantillonnage

III.1. Densité de l'herbier de Posidonies

La densité de l'herbier correspond au nombre de faisceaux par unité de surface (m²) (Giraud, 1977a ; 1977b). Au niveau du site de Hadjadj. On a effectué la mesure de la densité de l'herbier grâce au décompte direct des faisceaux à l'intérieur d'un quadra de 25 cm de côté (Figure 14) et cela en juin 2018. Afin d'arriver à une stabilisation de la moyenne, 10 mesures ont été effectuées au hasard à l'intérieur de l'herbier homogène (Panayotidis, 1980 ; Panayotidis et Giraud, 1981), au niveau des stations de chaque site. Les faisceaux en division sont comptabilisés comme séparés (Giraud, 1977b).

On calcul la moyenne des valeurs obtenues qui est ensuite extrapolée au mètre carré ; la densité moyenne de l'herbier de *Posidonie* est ainsi estimée. La densité mesurée permet de déduire le type d'herbier et là sa description, selon la classification de Giraud (1977b) (Tab.2).



Fig13 : Décompte des faisceaux de Posidonies à l'intérieur du quadra de 25 x 25 cm..

Tableau 2 : Classement des herbiers à *Posidonia oceanica* en fonction du nombre de faisceaux / m² (d'après Giraud, 1977b).

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

Toutefois, si l'échelle de Giraud (1977b) permet de caractériser un herbier de Posidonie, elle n'intègre pas le facteur profondeur, ce qui la rend peu adaptée à la prise en compte de la densité comme paramètre descripteur de la vitalité de l'herbier. En effet, une densité de 500 faisceaux / m² (soit un herbier dense) n'aura pas la même signification écologique, si elle est mesurée à -5 m ou à -20 m de profondeur, d'autant plus que la variabilité du facteur densité est expliquée à 54% par la profondeur (les 46% de variabilité restant sont liés à d'autres paramètres comme la turbidité moyenne, la pollution, l'hydrodynamisme ou la nature du substrat) (Pergent et al, 1995). La classification proposée par Pergent et al, (1995), intégrant la profondeur, a donc été aussi utilisée (Tableur.3).

Tableau 3 : Classification de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la profondeur. Prof = profondeur (m) ; DA = densité anormale, DSI = densité subnormale inférieure, DN = densité normale (en gras), DSS = densité subnormale supérieure (d'après Pergent et al, 1995).

Prof.	DA	DSI	DN	DSS	Prof.	DA	DSI	DN	DSS
1	← 822	↔	934 ↔ 1158	→	21	← 48	↔	160 ↔ 384	→
2	← 646	↔	758 ↔ 982	→	22	← 37	↔	149 ↔ 373	→
3	← 543	↔	655 ↔ 879	→	23	← 25	↔	137 ↔ 361	→
4	← 470	↔	582 ↔ 806	→	24	← 14	↔	126 ↔ 350	→
5	← 413	↔	525 ↔ 749	→	25	← 4	↔	116 ↔ 340	→
6	← 367	↔	479 ↔ 703	→	26		↔	106 ↔ 330	→
7	← 327	↔	439 ↔ 663	→	27		↔	96 ↔ 320	→
8	← 294	↔	406 ↔ 630	→	28		↔	87 ↔ 311	→
9	← 264	↔	376 ↔ 600	→	29		↔	78 ↔ 302	→
10	← 237	↔	349 ↔ 573	→	30		↔	70 ↔ 294	→
11	← 213	↔	325 ↔ 549	→	31		↔	61 ↔ 285	→
12	← 191	↔	303 ↔ 527	→	32		↔	53 ↔ 277	→
13	← 170	↔	282 ↔ 506	→	33		↔	46 ↔ 270	→
14	← 151	↔	263 ↔ 487	→	34		↔	38 ↔ 262	→
15	← 134	↔	246 ↔ 470	→	35		↔	31 ↔ 255	→
16	← 117	↔	229 ↔ 453	→	36		↔	23 ↔ 247	→
17	← 102	↔	214 ↔ 438	→	37		↔	16 ↔ 240	→
18	← 88	↔	200 ↔ 424	→	38		↔	10 ↔ 234	→
19	← 74	↔	186 ↔ 410	→	39		↔	3 ↔ 227	→
20	← 61	↔	173 ↔ 397	→	40		↔	↔ 221	→

III.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques

Chaque deux mois (lorsque les conditions météorologiques le permettait), de Février à Juin 2018, dix faisceaux sont prélevés par plongée en apnée. Les rhizomes sont orthotropes et distants de 50 cm à 1 m les uns des autres, pour éviter de récolter des individus rattachés à un même rhizome plagiotrope encore vivant (Pergent, 1987). Les faisceaux sont conservés dans de l'eau de mer formolée à 10 % jusqu'à leurs études au laboratoire.

Chaque faisceau prélevé est décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles (Fig. 15). 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, on a réalisé les mesures suivantes (Fig. 15) :

- Le nombre de feuilles
- La longueur totale de la feuille
- La largeur de la feuille.

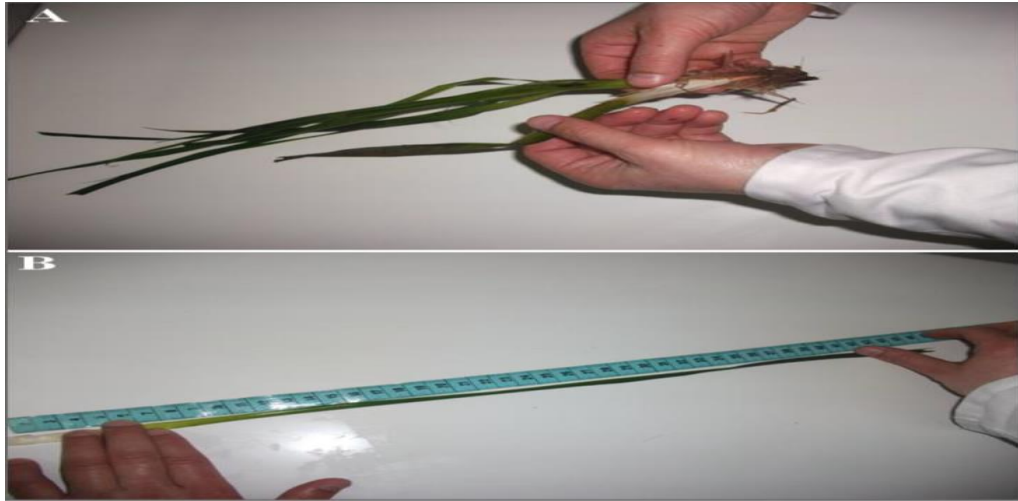


Fig 14 : Etapes de traitement des faisceaux de Posidonies pour l'étude de la phénologie. Décortication d'un faisceau de Posidonie (A) ; mesure d'une feuille de Posidonie (B)

Lorsque les mesures portant sur l'ensemble des faisceaux sont terminées, les différents paramètres relatifs à la phénologie sont calculés à savoir : (1) le nombre moyen de feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales (adultes intermédiaires) par faisceau ; (2) la longueur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globale (adultes + intermédiaires) par faisceau ; (3) la largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globale (adultes + intermédiaires) par faisceau et (4) la surface foliaire exprimée en $\text{cm}^2/\text{faisceau}$ (Drew, 1971 ; Drew et Jupp, 1976) qui est calculée pour chaque catégorie de feuille de Posidonies à partir des équations suivantes:

- Pour les feuilles adultes :

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

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

- Pour les feuilles intermédiaires :

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

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

- Pour les feuilles juvéniles :

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

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) :

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

Avec : SFG = Surface Foliaire moyenne des feuilles Globales.

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

III.3. L'indice épiphyte

La biomasse des épiphytes a été évaluée par grattage au scalpel sur les deux faces des feuilles de 10 faisceaux d'après la méthode de Moncreiff et Sullivan (2001). Les épiphytes sont ensuite séchés à l'étuve (24h, 60°C), puis pesés à la balance. L'indice épiphytique ($mgPS.cm^{-2}$), qui correspond au rapport entre la biomasse d'épiphytes et la surface foliaire, a été estimé chaque mois de prélèvement.

La formule : la biomasse / surface foliaire globales

*R*ésultats et

*D*iscussions

I. Résultats

I.1. Caractéristiques et densités des herbiers de Posidonies du site étudié

Les caractéristiques de l'herbier de Posidonies, au niveau de site Hadjadj, ne ressemblent à aucun des 7 types d'herbiers décrits par Boudouresque et al, (2006). Ces herbiers sont constitués de quelques touffes (ou taches) plus au moins circulaires, d'une mince superficie. La densité est estimée à 365.4 faisceaux/m², donc l'herbier de Hadjadj est un herbier de type III. ; ce qui signifie qu'il est clairsemé selon la classification de Giraud, (1977). En se référant à la classification de Pergent et al., (1995), l'herbier de Hadjadj est considéré anormal.

I.2. Variation mensuelle des paramètres phénologiques

I.2.1. Nombre moyen de feuilles par faisceau

I.2.1.2. Nombre moyen de feuilles adultes par faisceau

Le nombre moyen de feuilles adultes par faisceau, augmente progressivement à partir de la fin de l'hiver (Février) pour atteindre une valeur moyenne maximale de 6.8 feuilles au printemps (Avril), puis diminue à partir de fin printemps (Avril) vers l'été (Juin), où un minimum est atteint (une moyenne de 6.3 feuilles)

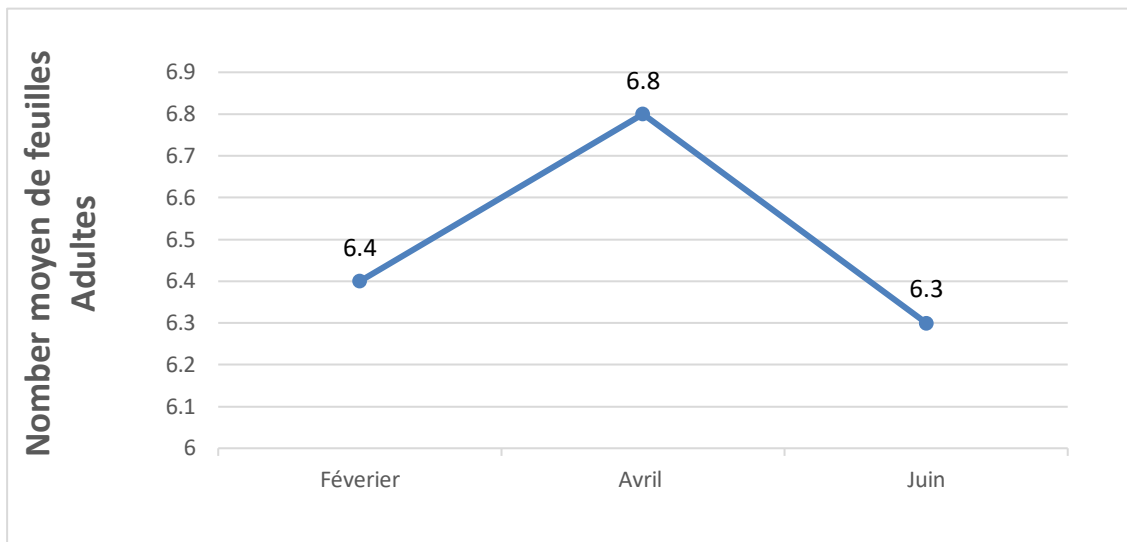


Fig 15 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles adultes de *P. oceanica* par faisceau

1.2.1.3. Nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau

Le nombre moyen de feuilles intermédiaires par faisceau, est stable de Février à Avril, avec un nombre moyen de 0.8 feuilles . Ensuite, ce paramètre présente une diminution à partir de la fin Avril vers le mois de juin, pendant lequel les feuilles intermédiaires sont inexistantes

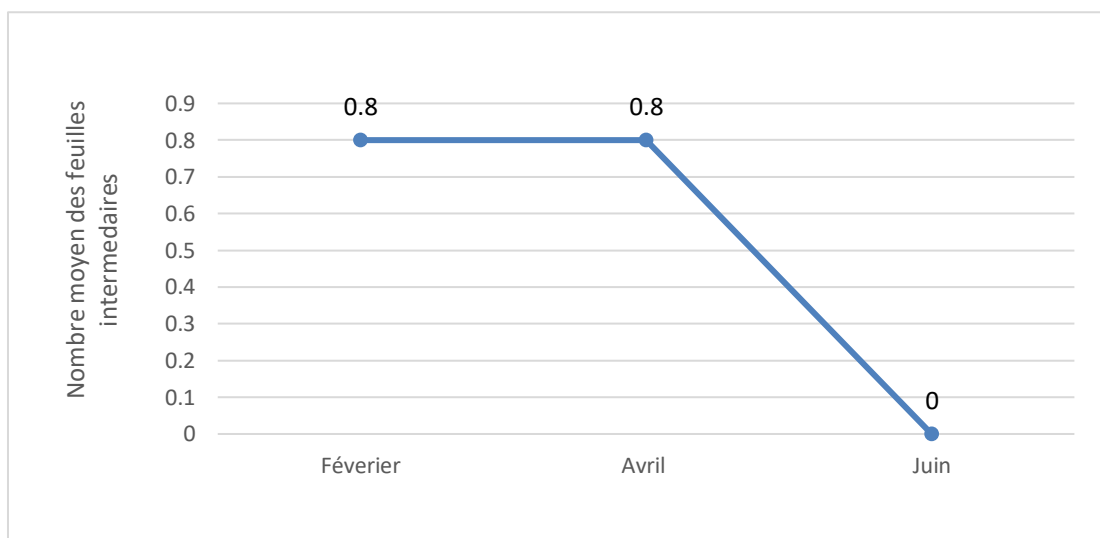


Fig 16 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles intermédiaire de *P. oceanica* par faisceau

1.2.1.4. Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par

Faisceau

Le nombre moyen de feuilles globales par faisceau augmente progressivement à partir du mois de Février (une moyenne de 7.2 feuille) vers le mois d'avril (Printemps) ; c'est durant ce mois d'Avril ou le nombre moyen des

feuilles globales de *P. oceanica* atteint son maximum (7.6 feuilles) .A partir du mois d'Avril, ce nombre à tendance à diminuer pour atteindre une valeur moyenne minimale de 6.3 feuille

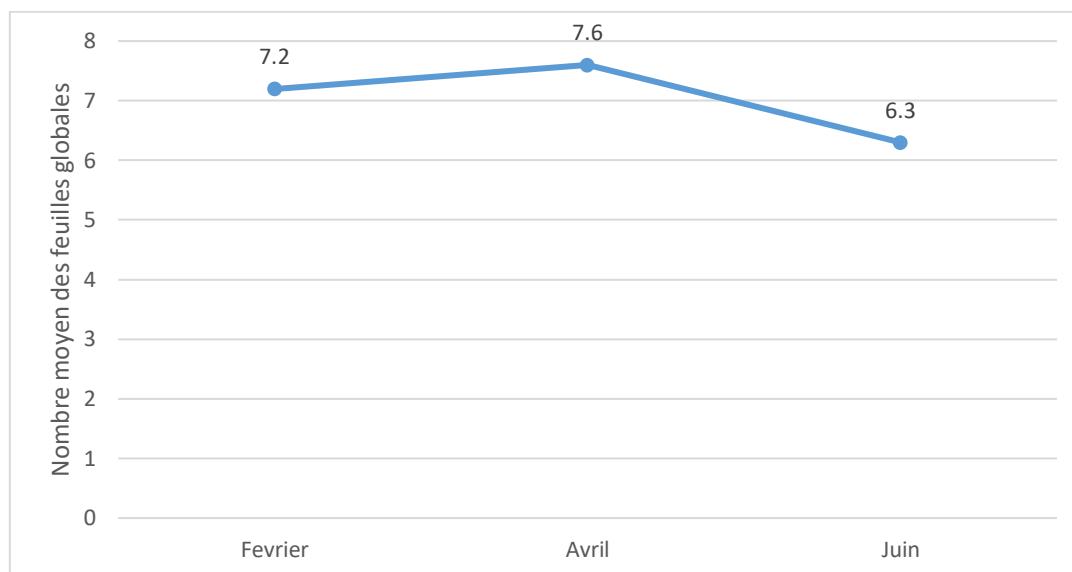


Fig 17 : Evolution mensuelle du nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica* par faisceau

1.2.2. Longueur moyenne des feuilles

1.2.2.1. Longueur moyenne des feuilles adultes

La longueur moyenne des feuilles adultes présentent une augmentation progressive à partir de Février jusqu'au mois d'avril (Figure 19). Comme pour le nombre de feuilles, la longueur des feuilles adulte de Posidonie, diminue au fur et à mesure que l'on avance du mois d'Avril vers celui Juin (Figure 19). Le maximum de ce paramètre est obtenu en Avril (24.12 cm), alors que le minimum est obtenu en Avril avec 24.12 cm .

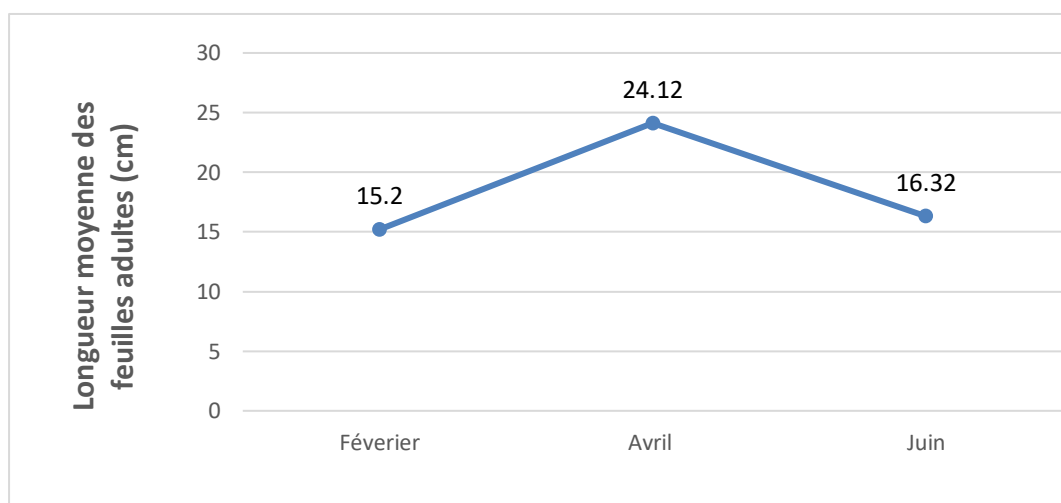


Fig 18 : Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica*.

I.2.2.2. Longueur moyenne des feuilles intermédiaires

La longueur moyenne des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica* du site Hadjadj, atteint un maximum en Février avec 18.65 cm (Figure 20). Ensuite, ce paramètre a tendance à diminuer pour atteindre en Juin, un niveau où aucune feuille intermédiaire n'est attaché au rhizome de Posidonie (Figure 20).

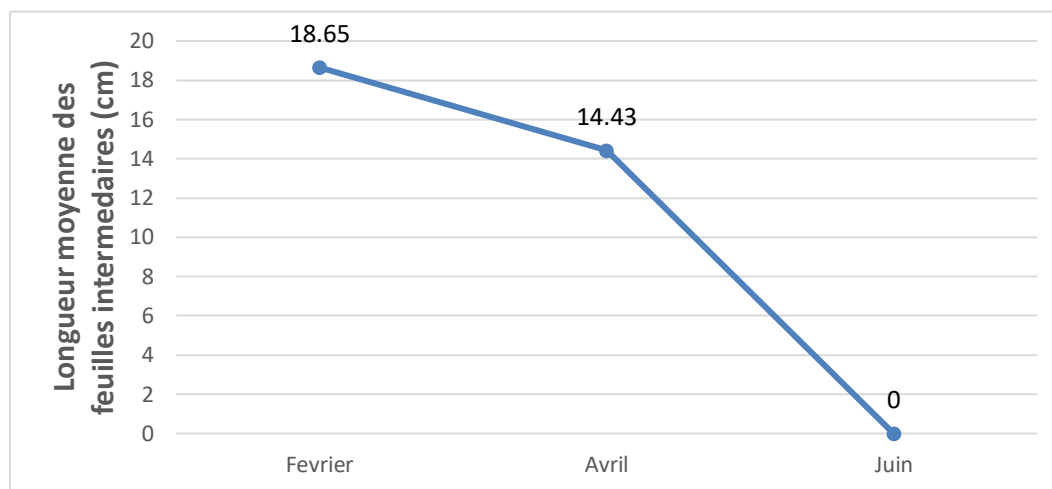


Fig 19: Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica*

I.2.2.3. Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

La longueur moyenne des feuilles globales augmente légèrement de Février vers Avril ; c'est d'ailleurs durant ce dernier mois que ce paramètre a atteint son pic (38.55 cm). Ensuite, la longueur moyenne des feuilles globales présente une nette diminution à partir du mois d'Avril pour atteindre sa valeur minimale au mois de Juin (16.32 cm)

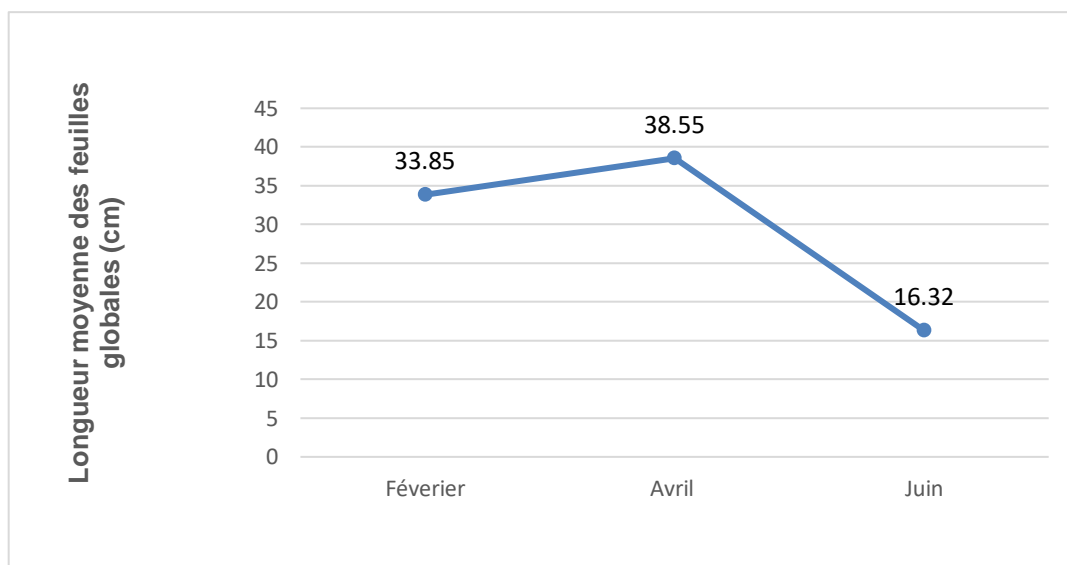


Fig20: Evolution mensuelle de la longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica*

1.2.3. Largeur moyenne des feuilles

1.2.3.1. Largeur moyenne des feuilles adultes

La largeur moyenne des feuilles adultes varie en fonction des mois de prélèvement ; elle présente une très légère augmentation au fur et mesure qu'on avance dans le temps, pour atteindre un maximum en Février avec 0.99 cm , la valeur minimale de la largeur moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica* est obtenue en Février (0.91 cm)

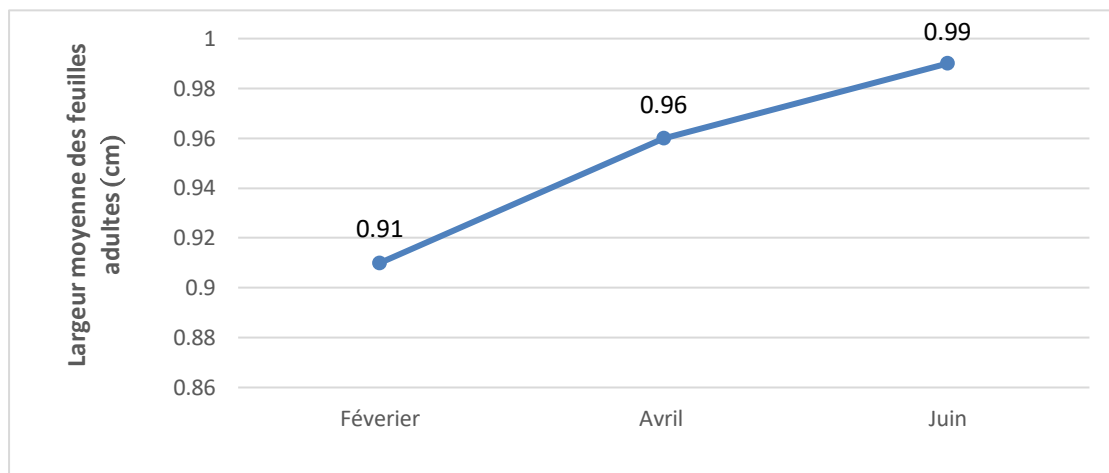


Fig 21: Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica*.

1.2.3.2. Largeur moyenne des feuilles intermédiaires

La largeur moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* présente une très légère augmentation du mois de Février vers le mois d'Avril, ou elle atteint son maximum (0.96 cm) (Figure 23). En juin, la largeur moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica* atteint son minimum (0 cm)

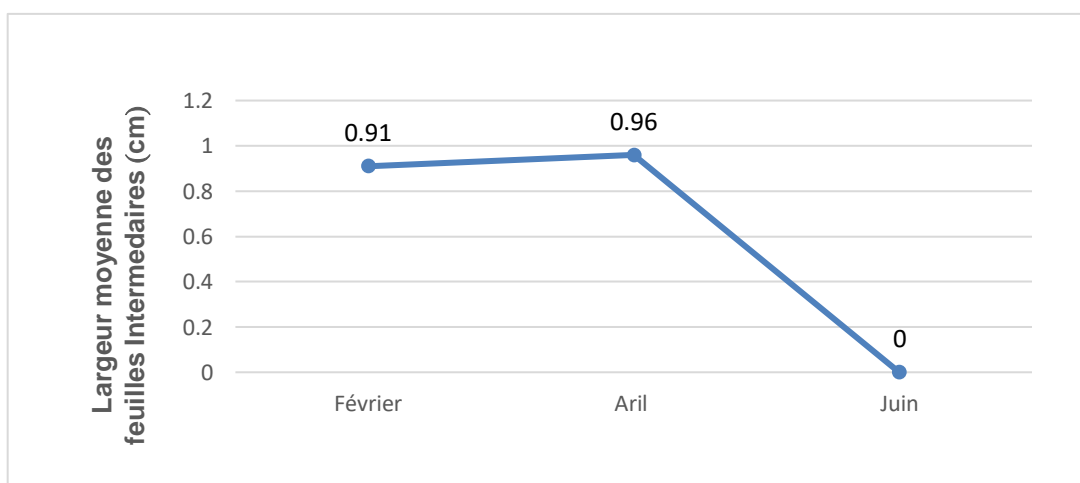


Fig 22: Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica*

1.2.3.3. Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

La largeur moyenne des feuilles globales, augmente progressivement à partir de Février, pour atteindre un maximum au mois d'Avril (1.91 cm) (Figure 24). Ensuite, ce paramètre a tendance à diminuer pour atteindre un minimum de 0.99 cm en Juin .

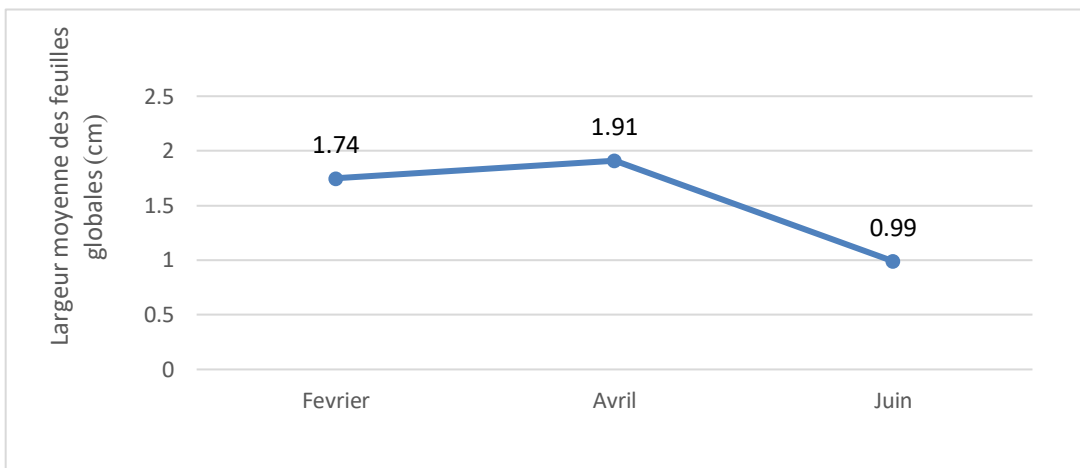


Fig23: Evolution mensuelle de la largeur moyenne des feuilles globales de *P. oceanica*

1.2.4. Surface foliaire moyenne

1.2.4.1. Surface foliaire moyenne des feuilles adultes

La surface foliaire moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica*, augmente progressivement au fur et mesure que l'on avance de Février (87.88 cm²/faisceau), vers Avril ou le maximum est obtenu (221.47 cm²/faisceau) (Figure 25). Ensuite, ce paramètre diminue à partir d'Avril pour atteindre 142.21 m²/faisceau en Juin (Figure 25).

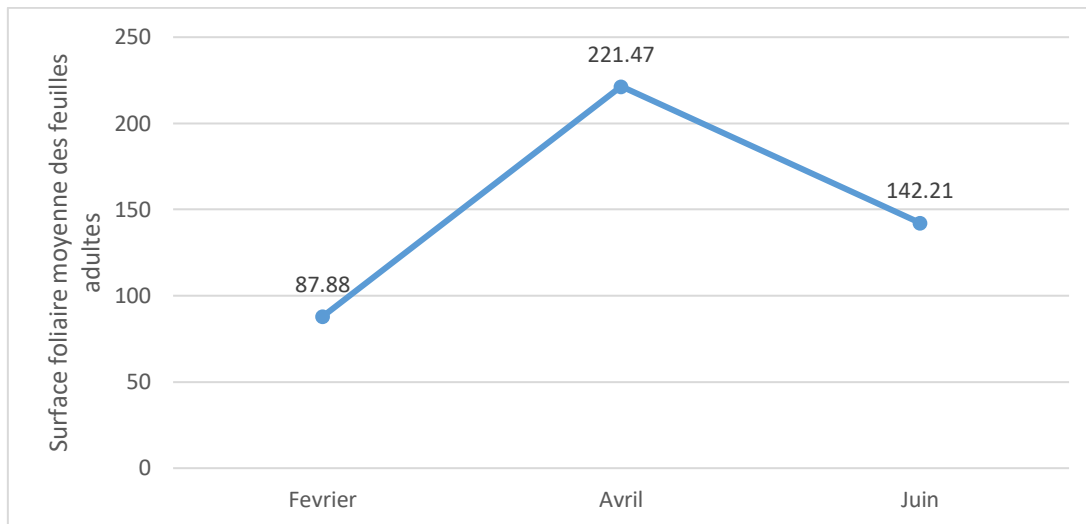


Fig 24: Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles adultes de *P. oceanica*

1.2.4.2. Surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires

La surface foliaire des feuilles intermédiaire de *P. oceanica*, montre une nette augmentation de Février vers Avril, ou elle atteint un maximum de 9.83 cm²/faisceau (Figure 26). En juin, ce paramètre atteint une valeur minimale de 0 cm²/faisceau

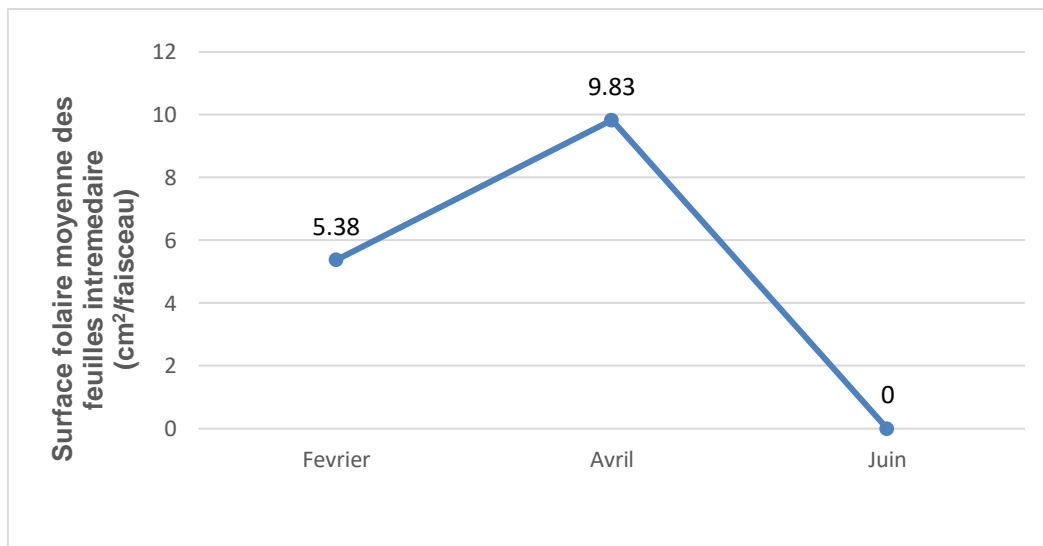


Fig 25 : Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles intermédiaires de *P. oceanica*

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

La

surface foliaire moyenne des feuilles globales de *P. oceanica*, augmente progressivement à partir du mois de

Février vers le mois d'Avril ou elle atteint un maximum de 221.47 cm²/faisceau (Figure 27), puis diminue d'Avril à Juin. Le minimum de ce paramètre est obtenu en Février avec 93.26 cm²/faisceau .

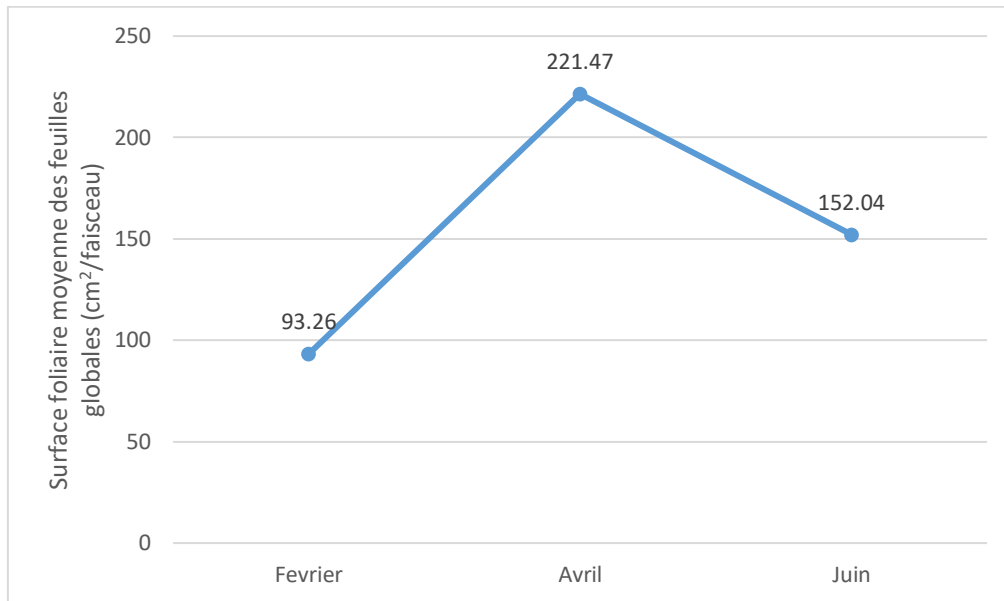


Fig 26: Evolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica*

1.2.5. Indice l'épiphyte

1.2.5.1. Indice l'épiphyte moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires)

L'indice épiphyte moyen des feuilles globales augmente progressivement à partir du mois de Février ou le minimum est enregistré (0.005 g/cm²), pour atteindre une valeur maximale de 0.031 g/cm² en Avril (Figure 27). Ensuite, cet indice diminue à partir du mois d'Avril pour atteindre une valeur de 0.01 g/cm² en Juin (Figure 27).

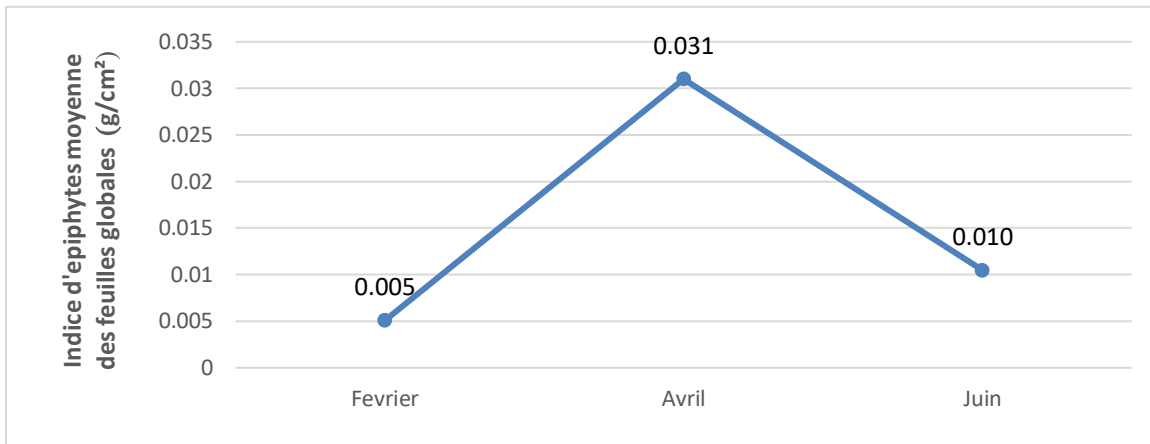


Fig 26 : Evolution mensuelle de l'indice l'épiphyte moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) de *P. oceanica*

II. Discussion

Selon la valeur obtenue de la densité, l'herbier de Posidonie du site de Hadjadj est un herbier clairsemé selon Giraud, (1977) et anormal selon Pergent et al. (1995). Une simple observation visuelle de l'herbier de Hadjadj peut confirmer le résultat de la densité. En effet, cet herbier est constitué de quelques touffes très éparpillées. L'état de l'herbier de Hadjadj s'est détérioré depuis le travail de Belbachir, (2012) ; du moment que cet auteur avait obtenu une densité de 379.2 faisceau/m². Les aménagements réalisés ces dernières années au niveau de la plage de Hadjadj sont probablement à l'origine des densités anormales de l'herbier de Posidonie.

La variation du nombre moyen de feuilles globales de *Posidonia oceanica* au cours des mois serait liée à la quantité de lumière disponible et à l'hydrodynamisme (Rico-Raimondino, 1995 ; Ferrari, 2006). Nos résultats corroborent ceux de Molinier et Zevaco (1962), Thélin et Giorgi (1984) et Rico-Raimondino (1995) qui signalent que le maximum de ce nombre est atteint en printemps. La diminution du nombre de feuilles en période estivale serait liée au ralentissement de la croissance en cette période de l'année (Giraud *et al*, 1979 ; Caye et Rossignol,

1983). Le nombre moyen de feuilles globales est inférieur à celui obtenu par Belbachir, (2012) et légèrement supérieur à celui obtenu par Vela, (2006).

Le nombre moyen de feuilles adultes est plus élevé en période printanière (Avril) par rapport aux autres périodes. Effectivement, la réduction de l'hydrodynamisme au cours des saisons printanière permet aux feuilles âgées de rester attachées plus longtemps sur les rhizomes de Posidonies ; ce qui se traduit par un accroissement de leurs nombre. Selon Giraud *et al.*, (1979), la diminution du nombre de feuilles en périodes estivale serait liée au ralentissement de la croissance en cette période de l'année. De plus, Caye et Rossignol (1983) estiment que l'allongement des feuilles de Posidonies est plus rapide en Novembre et Décembre par rapport à la période allant de Mai à Juillet. Les variations mensuelles du nombre moyen de feuilles adultes de feuilles intermédiaires ne se sont pas inversées ; contrairement à ce qui a été signalé par plusieurs auteurs, tels que Panayotidis et Giraud (1981) et Rico-Raimondino (1995). Aucune feuille juvénile n'est observée lors des trois mois d'échantillonnage. En principe, les feuilles juvéniles de posidonie apparaissent toute l'année, avec un maximum en automne et un minimum entre l'hiver et le printemps (Wittmann, 1984 ; Ott, 1980). Donc on estime que l'absence des feuilles juvéniles serait due à un dérèglement de l'activité du méristème.

La variation saisonnière de la longueur des feuilles globales peut s'expliquer par le rythme de la chute et de la formation des feuilles (Sánchez-Lizaso, 1993). Les feuilles adultes les plus longues apparaissent en saison printanière (Avril) et les plus courtes en hiver (Février). En effet, selon Ott (1980) ; Wittmann (1984) et Caye (1989), le printemps correspond à la période, la plus favorable, à la croissance des feuilles et l'hiver à celle du ralentissement de cette croissance. Néanmoins, cette évolution n'est pas observée chez les feuilles intermédiaires et c'est ce qui a influencé la longueur des feuilles globales. Cette dernière a tendance à diminuer au fur et à mesure qu'on avance dans le temps. On suppose que cette diminution de la longueur des feuilles intermédiaires serait due au ralentissement de leurs croissances. Les valeurs obtenues de la longueur des feuilles de posidonie sont inférieurs à celles obtenues par Belbachir, (2012).

La largeur moyenne des feuilles de posidonie ne présente qu'une variation négligeable en fonction des saisons (Drew et Jupp, 1976 ; Bay, 1978 ; Ferrari, 2006). Le maximum et le minimum de ce paramètre coïncident avec ceux de la longueur et du nombre de feuilles (Wittmann, 1984 ; Ferrari, 2006). Les résultats obtenus pour ce paramètre phénologique sont similaires à ceux obtenues par Belbachir, (2012).

les surfaces foliaires moyennes des feuilles adultes, intermédiaires et globales par faisceau sont les plus importantes en Avril, par rapport aux autres mois de prélèvements. Cette variation saisonnière est mise en évidence par Ferrari (2006) ; cet auteur a observé une forte corrélation entre la longueur des feuilles de *Posidonia oceanica* et leur surface foliaire.

L'indice épiphytique présente peut de variations saisonnières, mais reste quand même plus important en printemps. Plusieurs auteurs confirment l'importance du facteur température dans la croissance des épiphytes (Mazzella et al., 1989 ; Alcoverro et al., 1997) ; les nutriments et la lumière semblent également jouer un rôle prépondérant (Harlin, 1980 ; Mazzella et al., 1989 ; Fitzpatrick & Kirkman, 1995 ; Leoni, 2005).

Conclusion

Conclusion

L'objectif principal de cette étude est de faire un constat qui rend compte de l'état de santé des herbiers à *Posidonia oceanica* présent au niveau du site de Hadjadj (cote de Mostaganem).

Les caractéristiques morpho-structurales de l'herbier de Posidonies au niveau de site de Hadjadj, ne ressemblent à aucun des 7 types d'herbiers décrits par Boudouresque *et al*, (2006). Ces herbiers sont constitués de quelques touffes, d'une superficie variable. Cette structure en tache de l'herbier de Posidonies reflète une perturbation d'origine anthropique de l'endroit où est implanté l'herbier, ou peut être aussi à une perturbation d'origine naturelle, tel qu'un fort hydrodynamisme qui empêche l'installation d'un herbier à faible profondeur. La valeur faible de la densité au niveau du site de Hadjadj, correspond à un herbier clairsemé et anormal.

L'étude des paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica* montre que le nombre de feuilles par faisceau, la longueur et la largeur des feuilles, la surface foliaire. Nous a permis de mettre en évidence une variation mensuelle de l'herbier de Hadjadj. Ces paramètres ont des valeurs plus élevées en fin de Printemps (Avril), ce qui pourraient être dues à l'augmentation de la température et de la luminosité. Les faibles valeurs des paramètres phénologiques étudiées sont probablement dues à des effets anthropiques tels que les aménagements du littoral et produits chimique provenant des zones agricoles limitrophes au site.

En fin, ce travail constitue une donnée importante sur l'herbier de Posidonies de la localité de Hadjadj. On estime que l'état de cet herbier s'est beaucoup dégradé ces dernières années. Malheureusement, on suppose que la situation de l'herbier est irréversible et risque de disparaître. Cela-dit, ce constat amer nous incite à fournir d'avantage d'effort et de recherche afin de préserver les différents herbiers de la cote de Mostaganem (tel que celui de Stidia ou de petit port).

Référence

Bibliographique

Références bibliographiques

- Beck, M. W., Kenneth, J. L. H., Kenneth, A. W., Childers, D. L., Eggleston, D. B., Gillanders, B. M., Halpern, B., Hays, C. G., Hoshino, K., Minello, T. J., Orth, R. J., Sheridan, P. F., Weinstein, M. P., (2001).** The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience* 51, 633-641.
- Bell J.D., Harmelin-Vivien M.L., (1982).** Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 1. Community structure. *Téthys*, **10(4)** : 337-347.
- Ben Alaya H., (1972).** Répartition et conditions d'installation de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* Ascherson dans le golfe de Tunis. *Bulletin de la Station Océanographique de Salammbô* **2(3)** : 331-416.
- Blanc J.J., (1985).** Ruptures d'équilibre au littoral de Provence Occidentale : l'action des tempêtes, relation avec les aménagements littoraux sur les équilibres sédimentaires, et en particulier sur l'herbier à *Posidonia oceanica*. *Téthys* 11, 350-359.
- Bouchon-Navaro, Y., Bouchon, C., Louis, M., (2004).** L'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines des Antilles françaises : Intérêt de leur protection. *Rev. d'écologie (La Terre la Vie)* 59, 253-272.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., (1982).** Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros*, Fr., **4**: 1-79.
- 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., 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.
- Caye G., (1980).** Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille II*, France, 1-121.
- Costanza, R., d'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.
- Costanza R., Andrade F., Antunes P., Belt van den M., Boesch D., Boersma D., Catarino F., Hanna S., Limburg K., Low B., Molitor M., Pereira J.G., Rayner S., Santo R., Wilson J., Young M., (1999).** Ecological economics and sustainable governance of the Oceans. *Ecol. Econ.* 31, 171-187.
- Daby D., 2003.** Effects of seagrass bed removal for tourism purposes in a Mauritian bay. *Environ. Pollut.* 125, 313-324.
- Den Hartog C., (1970).** The seagrasses of the world. Amsterdam, Verh. Kon. Ned. Akad. Wet. Afd. Natuurk. 1-275.
- Duarte C.M., (1991).** Seagrass depth limits. *Aquat. Bot.* 40, 363-377.
- Duarte C.M., (2002).** The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation*, **29 (2)**: 192-206.

- Duarte C.M., Marbà N., Santos R., (2004).** What may cause loss of seagrasses ? In : European seagrasses : an introduction to monitoring and management. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen, TM Greve, Edit. 24-32.
- Erfteimeijel, P. L. A., Middelburg, J. J., (1995).** Aquatic botany mass balance constraints on nutrient cycling in tropical seagrass beds. *Aquat. Bot.* 50, 21-36.
- Ferrari B., (2006).** Etude synécologique de *Posidonia oceanica* et de *Sarpa salpa* le long de la côte rocheuse des Albères (Pyrénées-Orientales, France) ; influence d'une aire marine protégée. *These doctorat EPHE, Université de Perpignan* : 289 p.
- Frankignoulle M., Bouquegneau J.M., Ernst E., Biondo R., Rigo M., Bay D., (1984).** Contribution de l'activité de l'herbier de posidonies au métabolisme global de la baie de Calvi. Premiers résultats. In : International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. Edit., GIS Posidonie publ. 1, 277- 282.
- Francour P., Ganteaume A., Poulain M., (1999).** Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (Northwestern Mediterranean Sea). *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 9: 391-400.
- Giraud G., (1977).** Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Bot. Mar.* 20, 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.
- Hemminga M.A., Duarte C.M., (2000).** Seagrass Ecology. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge. 1-298.
- Jensen H.F., Holmer M., Dahllöf I., (2004).** Effects of tributyltin (TBT) on the seagrass *Ruppia maritima*. *Mar. Pollut. Bull.* 49, 564–573.
- Kelly J.R., Levine S.N., Buttel L.A., Carr K.A., Rudnick D.T., Morton R.D., (1990).** The effects of tributyltin within a *Thalassia* seagrass ecosystem. *Estuaries* 13, 301-310.
- Kopp, D., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., Bouchon, C., (2007).** Diel differences in the seagrass fish assemblages of a Caribbean island in relation to adjacent habitat types. *Aquat. Bot.* 87, 31-37.
- Kuo J., Hartog Den C., (2001).** Seagrass Taxonomy and Identification Key. In : Global Seagrass Research Methods. Short, F.T., Coles, R.G. Edit. Elsevier Scientific publ. B.V. 31-58.
- Lafabri C., (2007).** Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) delile comme bioindicateur de la contamination métallique. *These de doctorat. Université de Corse.* 1-141.
- Les D.H., Cleland M.A., Waycott M.A., (1997).** Phylogenetic studies in Alismatidae II. Evolution of marine angiosperms (seagrasses) and hydrophyly. *Syst. Bot.*, 22: 443- 463.
- Macinnis-Ng C.M.O., Ralph P.J., (2003).** In situ impact of petrochemicals on the photosynthesis of the seagrass *Zostera capricorni*. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 1395–1407.
- Macinnis-Ng C.M.O., Ralph P.J., (2004a).** Variations in sensitivity to copper and zinc among three isolated populations of the seagrass, *Zostera capricorni*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 302, 63– 83.
- Macinnis-Ng C.M.O., Ralph P.J., (2004b).** In situ impact of multiple pulses of metal and herbicide on the seagrass, *Zostera capricorni*. *Aquat. Toxicol.* 67, 227–237.

- 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.
- McGlathery, K., Sundbäck, K., Anderson, I., (2007).** Eutrophication in shallow coastal bays and lagoons : the role of plants in the coastal filter. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 348, 1-18.
- Meinesz A., Astier J.M., Lefevre J.R., (1981).** Impact de l'aménagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral du Var, France (Méditerranée occidentale). *Ann. Inst. Océanogr.* 57, 65-77.
- 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.
- Ott J.A., (1980).** Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology PZSNI.*, 1(1): 47-64.
- Pasqualini V., Pergent-Martini C., Clabaut P., Pergent G., (1998).** Mapping of *P. oceanica* using aerial photographs and side-scan sonar: Application of the island of Corsica (France). *Estuarine Coastal Shelf Science*, 47: 359-367.
- Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., (1999).** Environmental impact identification along the Corsican coast (Mediterranean Sea) using image processing. *Aquat. Bot.* 65, 311–320.
- 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 : Etat des connaissances. *Mésogée* 54, 3-29.
- Platini F., (2000).** La protection des habitats aux herbiers en Méditerranée. Rapp. PNUE, PAM, CAR/ASP Edit. PNUE publ. 1-65.
- PNUE, (2001).** Projet de lignes directrices pour les études d'impact sur les herbiers marins. PNUE/CARASP – Tunis 1-45.
- Prange J.A., Dennison W.C., (2000).** Physiological Responses of Five Seagrass Species to Trace Metals. *Mar. Pollut. Bull.* 41, 327-336.
- Ralph P.J., (2000).** Herbicide toxicity of *Halophila ovalis* assessed by chlorophyll a fluorescence. *Aquat. Bot.* 66, 141–152.
- Romero J., Pergent G., Pergent- Martini C., Matéo M. A., Regnier C., (1992).** The detritic compartment in a *P. oceanica* meadow: litter features, decomposition rates and mineral stocks. *Marine Ecology*, 13: 69-83.
- Ruiz J.M., Romero J., (2003).** Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Poll. Bull.*, 46: 1523-1533.
- Short, F. T., Wyllie-Echeverria, S., (1996).** Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environ. Conserv.* 23, 17-27.
- Terrados J., Borum J., (2004).** Why are seagrasses important ? - Goods and services provided by seagrass meadows. In : European seagrasses : an introduction to monitoring and management. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen, TM Greve, Edit. 8-10.
- Terrados J., Agawin N.S.R., Duarte C.M., Fortes M.D., Kamp-Nielsen L., Borum J., (1999).** Nutrient limitation of the tropical seagrass *Enhalus acoroides* (L.) Royle in Cape Bolinao, NW Philippines. *Aquat. Bot.* 65, 123-139.

Thayer G.W., Fonseca M.S., Kenworthy J.W., (1997). Ecological Value of Seagrasses : A Brief Summary for the ASMFC Habitat Committee's SAV Subcommittee. In : Atlantic Coastal Submerged Aquatic Vegetation: A Review of its Ecological Role, Anthropogenic Impacts State Regulation, and Value to Atlantic Coastal Fish Stocks. C. Stephan, D. Bigford, T.E. Edit. 5-10.

Thélin I., Boudouresque C.F., (1983). Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier de la baie de Port-Cros (Var, France). *Rapports et Procès Verbaux des Réunions de la Commission Internationale sur l'Exploration Scientifique en Méditerranée*. Cannes, **28(3)**: 115-116.

Walker D.I., Lukatelich R.J., Bastyan G., McComb A. J., (1989). Effect of boat moorings on seagrass beds near Perth, Western Australia. *Aquat. Bot.* 36, 69-77.