

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU  
LITTORAL (ENSSMAL EX ISMAL)

DEPARTEMENT DE RESSOURCES VIVANTES

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

**Présenté par : HAZEM Meriem**

En vue de l'obtention du diplôme de :

**MASTER EN BIODIVERSITE ET GESTION DES ECOSYSTEMES**

Thème :

**Analyse comparée des paramètres de vitalité de l'herbier à  
*Posidonia oceanica* (L) Delile de la côte algérienne**

Soutenu le 27 /12/2020, devant le jury composé de :

M<sup>me</sup>. CHAOU N.

M<sup>me</sup>. BOUDJELLAL KAIDI N.

M<sup>me</sup>.BOUGHAMOU N.

M. GRIMES

M. BENDAAS Y.

MAA (ENSSMAL)

MAA (ENSSMAL)

MAB (ENSSMAL)

Professeur (ENSSMAL)

Doctorant

Présidente

Examinatrice

Examinatrice

Promoteur

Co-promoteur



## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Généralités</b> .....	<b>3</b>
I.1 Les Magnoliophytes marines en Méditerranée.....	3
I.2 Présentation de <i>Posidonia oceanica</i> .....	4
I.3 Morphologie .....	5
I.4 Taxonomie.....	6
I.5 Exigences écologiques .....	6
I.6 Reproduction .....	6
I.7 Les récifs barrières de l’herbier.....	7
I.8 Répartition géographique .....	8
I.9 Biodiversité associée aux herbiers à Posidonie .....	8
I.9.1 Faune et flore épiphytes associées à la posidonie.....	9
I.10 Biodiversité associée aux herbiers a <i>Posidonia oceanica</i> en Algérie.....	10
I.11 Biens et services écosystémiques de l’herbier à Posidonie .....	11
I.11.1 Piégeage et Séquestration du carbone par l’herbier à Posidonie .....	12
I.12 La Posidonie, une bio-indicatrice de la qualité du milieu .....	12
I.13 Menaces sur les herbiers à posidonie et causes de régression.....	13
I.14 Impact des changements climatiques sur les herbiers à posidonie .....	14
I.15 Règlementation et protection de l’espèce.....	15
<b>II. Méthodologie</b> .....	<b>17</b>
II.1 Présentation de la côte algérienne .....	17
II.2 Principaux travaux réalisées sur l’herbier à posidonie en Algérie .....	18
II.3 Descripteurs de l’herbier à Posidonie.....	24
II.3.1 Densité.....	24
II.3.2 Recouvrement foliaire .....	25
II.3.3 Biométrie foliaire.....	26
II.3.4 Biomasse des épiphytes des feuilles de Posidonie .....	28
II.3.5 Lépidochronologie.....	28
II.3.6 Mesure des limites supérieures et inférieures.....	29
II.3.7 Etude des teneurs en phénols.....	30
II.3.8 Contamination du milieu par les métaux lourds .....	30
<b>III. Résultats et discussion</b> .....	<b>31</b>
III.1 Description de l’herbier a <i>Posidonia oceanica</i> de la côte algérienne.....	31
III.2 Descripteurs de l’herbier à <i>Posidonia oceanica</i> .....	34
III.3 Densité et recouvrement.....	39

III.3.1	Classification des herbiers de Posidonies .....	41
III.4	Nombre de feuilles .....	43
III.5	Longueur et largeur des feuilles .....	45
III.5.1	La Longueur des feuilles .....	45
III.5.2	Largeur des feuilles .....	45
III.6	Surface foliaire .....	48
III.7	Coefficient « A » .....	50
III.8	Indice Foliaire.....	52
III.9	Paramètres lépidochronologiques.....	54
III.9.1	Nombre d'écailles par cycle .....	54
III.9.2	Croissance des rhizomes .....	54
III.9.3	Production des rhizomes.....	55
III.10	Biomasse foliaire .....	56
III.10.1	Biomasse des feuilles .....	56
III.10.2	Biomasse des épiphytes .....	57
III.11	Teneurs en phénols.....	58
<b>IV.</b>	<b>Cas d'étude .....</b>	<b>60</b>
IV.1	Présentation du site d'étude.....	60
IV.2	Observations .....	61
IV.3	Taux de recouvrement .....	63
IV.4	Echantillonnage .....	64
IV.5	Estimation du taux de recouvrement .....	64
IV.6.1	Variation des paramètres phénologiques .....	67
IV.6.2	Paramètres biométriques .....	67
IV.6.3	Paramètres lépidochronologique .....	68

## **Conclusion**

## Liste des figures

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Figure 1 : Morphologie générale des magnoliophytes marins	3
Figure 2 : Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> d'El Aouana	4
Figure 3: Schéma d'un rhizome de <i>Posidonia oceanica</i> et de ses feuilles	5
Figure 4 : (A) floraison, (B) fruit de Posidonie	7
Figure 5 : Distribution des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> .	8
Figure 6 : Epiphytes de l'herbier à posidonie de la plage el Beldj-Tipaza	
Figure 7 : Quelques exemples d'épiphytes de <i>Posidonia oceanica</i>	9
Figure 8: Les biens et services écosystémiques que fournit l'écosystème à Posidonie	10
Figure 9 : Localisation géographique de la cote algérienne	13
Figure 10 : Distribution des herbiers a Posidonie de la côte algérienne	
Figure 11 : Dissection phénologique de <i>Posidonia oceanica</i>	21
Figure 12 : La lépidochronologie	23
Figure 13 : Classification des herbiers a Posidonies	32
Figure 14: Concentration moyennes des phénols totaux (mg/g) pour chaque tissu et site	
Figure 15: Photographie de la plage Belhousseine 1	45
Figure 16 : Cartographie du site d'étude.	45
Figure 17 : Photographie du 21/08/2020 des banquettes de Posidonie	
Figure 18 : Illustration de la technique utilisée pour l'estimation du recouvrement	46
Figure 19: Matériels utilisés pour l'estimation du taux de recouvrement	46
Figure 20 : Prélèvement de rhizomes du site d'étude	47
Figure 21 : Décortication des feuilles de Posidonie pour l'étude de la phénologie	50
Figure 22 : Dissection d'un rhizome de <i>Posidonia oceanica</i>	51

## Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Travaux réalisés sur l'herbier à Posidonie de la région centre de l'Algérie	15
Tableau 2 : Travaux réalisés sur l'herbier à Posidonie de la région Ouest de l'Algérie	16
Tableau 3 : Travaux réalisés sur l'herbier à Posidonie de la région Est de l'Algérie.	17
Tableau 4 : Classement des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de la densité	18
Tableau 5 : Echelle d'évaluation de la densité des herbiers a <i>P.oceanica</i> en fonction de la profondeur	19
Tableau 6: Grille d'interprétation de la vitalité de l'herbier en fonction du taux de recouvrement	20
Tableau 7: Synthèse des descripteurs étudiés à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie	25
Tableau 8 : Synthèse des descripteurs étudiés à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie	26
Tableau 9 : Synthèse des descripteurs étudiés à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie	26
Tableau 10 : Densités moyennes des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie	27
Tableau 11: Densités moyennes des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> étudiés à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie	28
Tableau 12 : Densités moyennes des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie	28
Tableau 13 : Classification des herbiers de Posidonies selon Giraud (1977)	30
Tableau 14 : Classification des herbiers de Posidonies selon Pergent et al.(1995)	
Tableau 15 : Nombre de feuilles des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de la côte algérienne	32
Tableau 16 : Longueur et largeur des feuilles des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie	34
Tableau 17 : Longueur et largeur des feuilles des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie	34
Tableau 18 : Longueur et largeur des feuilles des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie	35
Tableau 19 : Surfaces foliaire des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie.	36
Tableau 20 : Surfaces foliaires des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie	
Tableau 21 : Surfaces foliaires des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie	37
Tableau 22 : Coefficient « A » des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie	
Tableau 23 : Coefficient « A » des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie.	37
Tableau 24 : Coefficient « A » des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie.	
Tableau 25 : Indice Foliaire des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de la côte algérienne	38

Tableau 26 : Paramètres lépidochronologique des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie	40
Tableau 27: Paramètres lépidochronologique des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie	40
Tableau 28 : Paramètres lépidochronologique des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie	40
Tableau 29 : Biomasses des feuilles et des épiphytes des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie	41
Tableau 30 : Biomasses des feuilles et des épiphytes des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie.	42
Tableau 31 : Teneurs en composés phénoliques à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie	42
Tableau 32 : Détermination du taux de recouvrement de l'herbier de la plage Belhousseine 1.	48- 49
Tableau 33 : Paramètres biométriques de l'herbier de la plage Belhousseine 1.	50

*A mes parents,  
mes deux petites princesses et mon frère.*

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma reconnaissance à tous les membres de ce jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger ce travail malgré leurs nombreuses occupations.

Que ma profonde gratitude soit exprimée au Professeur **Samir GRIMES**, mon promoteur, qui a inspiré et dirigé ce travail avec dynamisme. Je le remercie d'avoir mis ses compétences à ma portée.

Que Monsieur **Yahya BENDAAS**, mon Co-promoteur, trouve ici l'expression de mes vifs remerciements pour avoir dirigé avec patience et de main de maître cette étude, par sa contribution au travail de terrain et ses suggestions, qui ont été très précieuses pour structurer et améliorer la qualité des différentes sections.

Je tiens tout particulièrement à remercier vivement **M<sup>me</sup> CHAOU N.** d'avoir accepté la présidence du jury.

Je suis également honorée de compter dans ce jury **M<sup>me</sup> BOUDJELLA KAIDI** et **BOUGHAMOU**, qu'elles soient assurées de mes sincères remerciements. Leurs remarques me seront certainement profitables et enrichissantes.

Enfin, je remercie toutes celles et ceux qui m'ont encouragé et soutenu durant ce parcours, par une bonne parole ou un conseil bénévole

## Introduction

La Posidonie (*Posidonia oceanica*) (L.) Delile, est une plante aquatique endémique stricte de la mer Méditerranée, installée sur le littoral méditerranéen depuis 8000 à 9000 ans avec un recouvrement estimé entre 25 000 et 50 000 km<sup>2</sup>, soit 1 à 2% des fonds de la Méditerranée (Pasqualini et al., 1998 ; Gobert et al., 2005) représente l'une des principales richesses marines de cette mer. L'herbier qu'elle forme est considéré comme un écosystème pivot, voire ingénieur du littoral méditerranéen (Molinier et Picard, 1952 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). Elle revêt un rôle de premier ordre au niveau écologique et économique (Boudouresque et al., 2006). Cependant, les herbiers marins connaissent actuellement une régression à l'échelle mondiale (Orth et al., 2006) ; un taux de perte de 7% depuis 1990 a été calculé, ce qui place les herbiers parmi les écosystèmes les plus menacés sur terre (Waycott et al., 2009). Dans le monde entier, les herbiers sont soumis aux cinq menaces les plus graves pour la biodiversité marine (Norse, 1993) : surexploitation, modification physique, pollution par les nutriments et les sédiments, introduction d'espèces non indigènes et changement climatique.

Le recours aux Magnoliophytes marines pour la surveillance des milieux naturels, l'évaluation de l'impact d'un aménagement ou, de manière plus générale, la gestion des écosystèmes littoraux commence à être envisagé depuis quelques années, (Brix et al., 1983 ; Augier, 1985; Pergent, 1991 ; Phillips, 1994 ; Fourqurean et al., 1997 ; Pergent et al., 2005 ; Boudouresque, 2006). En effet, le recours à ces espèces, qualifiées de "bioindicatrices", semble un moyen rapide et performant pour évaluer la qualité de l'environnement (Bellan, 1993 ; Pergent, 2005). *Posidonia oceanica* est très sensible aux changements des conditions environnementales (Grauby et al., 1991; Pergent, 1991, Boudouresque, 2006 ; Bennett et al., 2011; Personnic et al., 2014). La large répartition géographique de la plante (Boudouresque et al., 1990), sa longévité, la permanence de ses populations au fil des saisons et la facilité de son échantillonnage la rend particulièrement adapté aux études environnementales, et elle est largement utilisée pour surveiller la qualité des eaux côtières. (Pergent et al., 1995; Pergent-Martini et al., 2005; MartinezGrego et al., 2008 ; Bennett et al., 2011; Personnic et al. 2014).

L'aptitude de *Posidonia oceanica* à intégrer la qualité de l'environnement peut se mesurer au niveau de **(i)** La population : la position bathymétrique de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* est un bon indicateur de la turbidité moyenne des eaux qui dérivent au-dessus de lui (Meinesz et Laurent, 1978) ; lorsque la turbidité augmente, cette limite recule. La limite supérieure de l'herbier est également une zone sensible, car elle est directement exposée aux agressions engendrées par les aménagements littoraux et aux rejets d'origine urbaine et industrielle (Astier et Tailliez, 1984), **(ii)** L'individu : la biométrie foliaire peut apporter des renseignements quant à la qualité globale de l'eau. En milieu pollué, la longueur moyenne des feuilles peut subir une réduction importante (Maggi *et al.*, 1977). La biomasse des épiphytes des feuilles peut témoigner quant à elle de la richesse de l'eau en nutriments (Leoni *et al.*, 2006), **(iii)** Anatomie : l'abondance des cellules à tannin, qui sont des cellules

riches en composés phénoliques, semble augmenter à l'approche du rejet en mer d'un effluent (Pergent, 1988).

De plus, *Posidonia oceanica* a une capacité de piéger le gaz carbonique et de le stocker dans sa matie, ce qui fait de cette plante indispensable mais menacée, un rempart contre le changement climatique d'où la nécessité de préserver à tout prix ce trésor écologique pour faire face aux défis climatiques à venir (Marbà et al., 2010, Pergent, 2015).

Toutefois, il est à signaler que sur la côte algérienne, malgré de nombreux travaux réalisés sur l'herbier à posidonie le long de la côte, cependant l'absence d'une image sur l'état de conservation de nos herbiers. Le présent travail constitue une contribution à la connaissance des herbiers à Posidonie de la côte algérienne. Son principal objectif est la comparaison entre les paramètres de vitalité de *Posidonia oceanica* à partir des travaux qui ont été déjà réalisées, ainsi d'intégrer ces résultats dans la Base de données National de Biodiversité Marine (BANBIOM).

Dans le cadre de ce mémoire une étude pilote a été réalisée sur l'herbier a *Posidonia oceanica* de la plage Belhousseine 1 (wilaya de Tipaza).

Ce manuscrit s'articule autour de quatre chapitres :

Le premier chapitre permet d'introduire l'herbier à *Posidonia oceanica*, rappelant les caractéristiques biologiques, le rôle écologique et les menaces qui pèsent sur cet espèce- écosystème.

Le deuxième chapitre est consacré à une synthèse des principaux travaux réalisés en Algérie sur les herbiers à posidonie ainsi que les différents descripteurs utilisés.

Le troisième chapitre présente les résultats des paramètres de vitalité de *Posidonia oceanica* dans l'Est, l'Ouest et le Centre de l'Algérie.

Le quatrième chapitre est consacré à un cas d'étude dans un site pilote : Plage Belhousseine1 (wilaya de Tipaza).

Enfin, une conclusion générale synthétise les principaux résultats obtenus ainsi que les perspectives nées du travail réalisé.

## Généralités

### I.1 Les Magnoliophytes marines en Méditerranée

Les magnoliophytes marines constituent dans la nature actuelle un groupe de 14 genres et 60 espèces (Kuo et Hartog, 2001) de plantes à fleurs monocotylédones ayant la capacité de former des ensembles végétaux appelés herbiers. Toutefois, si elles sont peu nombreuses, leur poids écologique est considérable dans les milieux littoraux : un grand nombre d'entre elles sont souvent considérées comme des ingénieurs d'écosystème, ou au moins des espèces-clé (Boudouresque et al., 2006).

L'appareil végétatif des magnoliophytes marines est évidemment bien différent de celui des "algues" et des "cyanobactéries" puisqu'il se compose d'un rhizome rampant portant, au niveau des nœuds, des racines d'une part et des ou un axe dressé d'autre part. Les feuilles engainées à la base poussent à partir de l'axe dressé (Den Hartog, 1970; Phillips et Meñez, 1988; Kuo & McComb, 1989).

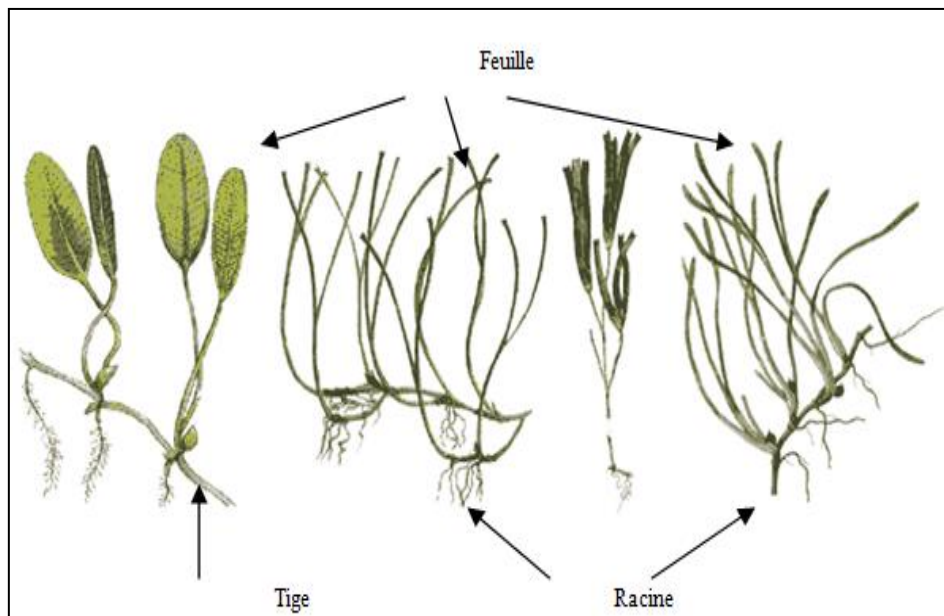


Figure1 : Morphologie générale des magnoliophytes marins

Afin de survivre dans l'environnement marin, les magnoliophytes marines ont développé différentes adaptations (Den Hartog et Kuo, 2000) :

- Une capacité à se développer en milieu immergé malgré les problèmes de faibles concentrations en gaz et de vitesse de diffusion,
- L'adaptation à une concentration en sel importante et souvent variable,
- Un système d'ancrage solide pour résister aux mouvements de l'eau,
- Un mécanisme de pollinisation sous-marin,
- La capacité d'être compétitive face aux autres espèces présente en milieu marin.

Pour satisfaire à ces 5 critères les différentes organes (feuilles, racines, rhizomes) ont subi de sévères modifications physiologiques et anatomiques par rapport aux magnoliophytes terrestres.

En Méditerranée, on recense 5 espèces de Magnoliophytes marines. , une espèce qui est endémique et plus répandue : *Posidonia oceanica*, les autres se retrouvent également dans l'océan Atlantique *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* et *Zostera noltii*.

Durant ces dernières décennies, des espèces immigrantes en provenance de l'Atlantique Est (par Gibraltar) et de la mer rouge (par le canal de Suez) ainsi que des espèces passivement ou activement introduites par l'homme se sont rajoutées à ces espèces indigènes. La magnoliophyte *Halophila stipulacea* originellement endémique du Nord-Est de l'océan indien a été l'une des premières à pénétrer en Méditerranée orientale à travers le canal de Suez pour se propager ensuite vers le Nord et l'Est (Por, 1971 ; Zenetos et al., 2010).

## I.2 Présentation de *Posidonia oceanica*

*Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile «herbe de Poséidon, dieu de la mer » est tantôt citée comme espèce symbole, espèce remarquable et espèce clé. Elle appartient à la famille des Posidoniaceae qui contient un seul genre *Posidonia* et 9 espèces (Den Hartog et Kuo, 2006). Huit espèces sont présentes en Australie, la dernière, *Posidonia oceanica*, est endémique de la Méditerranée (Boudouresque, 2006). Elle fut décrite de manière précise pour la première fois en 1623 par Bauhin (Den Hartog, 1970) sous le nom d'*Alga marina*. Ce n'est qu'en 1913 que Delile dans la flore d'Egypte lui a donné son nom actuel.



Figure 2: Herbier à *Posidonia oceanica* d'El Aouana, © Bendaas (2020).

### I.3 Morphologie

La posidonie a l'instar des autres magnoliophytes, est constituée de tiges rampantes (à croissance horizontale) dits plagiotropes ou dressées (à croissance verticale) appelées rhizome orthotropes (Caye, 1980), d'où se développent les racines, qui peuvent descendre jusqu'à 70cm dans le sédiment (Giraud *et al.*, 1979 ; Caye, 1980 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). Ces deux types de croissance des rhizomes amènent à la formation de la matte, une formation typique de couches de rhizomes, de racines et de sédiment fortement compactés.

Sur les rhizomes se dressent également des feuilles rubanées de 40 à 140 cm de longueur et de 7 à 11 mm de largeur regroupés en faisceaux de 4 à 8 feuilles (Giraud *et al.*, 1979 ; Pergent-Martini et Le Ravallec, 2007).

Les feuilles vivent à peu près un an, à leur mort se sont les limbes qui tombent et se détachent du rhizome, déplacés par les vagues, les feuilles mortes s'accumulent sur les plages et forment ce qu'on appelle des banquettes, alors que sa base foliaire appelée pétiole reste rattachée au rhizome ; elle est alors désignée sous le nom d'«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 appelée la lépidochronologie (Crouzet, 1981 ; Crouzet *et al.*, 1983 ; Pergent *et al.*, 1983 ; Pergent, 1990).

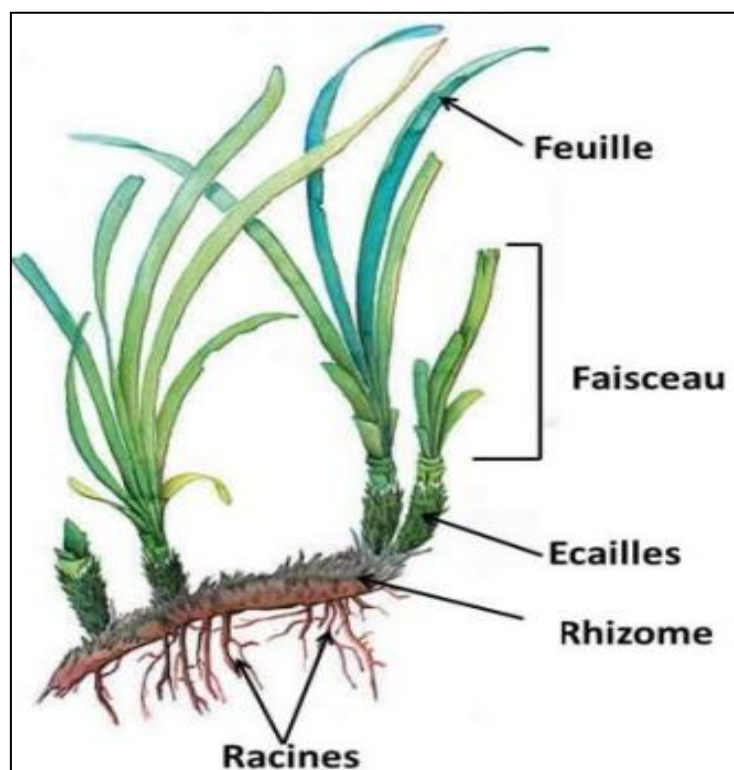


Figure 3: Schéma d'un rhizome de *Posidonia oceanica* et de ses feuilles (D'après Boudouresque et Meinesz, 1982)

#### I.4 Taxonomie

Phylum	Chlorophyta
Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Alismatidae
Ordre	Potamogetonales
Famille	Posidoniaceae
Genre	Posidonia
Espèce	<i>Posidonia Oceanica</i> (Linnaeus) Delile

#### I.5 Exigences écologiques

<b>Etage</b>	Infralittoral
<b>Type de Substrat</b>	Meubles (sables grossiers à envasés), durs (roche en place, éboulis)
<b>Répartition bathymétrique</b>	0.5 m à 40 m
<b>Hydrodynamisme</b>	Variable
<b>Salinité</b>	Normale (minimum 36 PSU) à hyper haline (43 PSU)
<b>Température</b>	9° à 29°C

#### I.6 Reproduction

La reproduction de *P. oceanica* se fait par deux voix :

**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 par allongement des rhizomes, par division des faisceaux et par bouturage (Molinier et Picard, 1952).

**Reproduction sexuée :** C'est au début de l'automne que les posidonies fleurissent. De couleur vert très clair, les fleurs se confondent avec les feuilles et sont difficiles à voir. Elles forment une inflorescence portée par un pédoncule (tige de 10 à 30 cm de long) issu d'un faisceau de feuilles. Les fleurs possèdent à la fois des organes mâles (les étamines) et des organes femelles (le pistil) comme beaucoup de fleurs terrestres par contre elles n'ont pas de pétales.

Comme toutes les phanérogames (plante ayant des organes de reproduction apparents dans le cône ou dans la fleur), les posidonies ne porteront des fruits que si le pollen des étamines pénètre dans le pistil. Vivant sous l'eau, elles se sont adaptées ; les étamines produisent un pollen sous forme de filaments visqueux qui dérivent selon les courants marins. Les pistils sont équipés pour capturer ce pollen car ils sont terminés par des stigmates dont les bords sont dentelés. C'est à ces dents que s'accrocheront les filaments. La floraison de la posidonie est très discrète et à lieu à l'automne (septembre, novembre) mais la posidonie ne fleurit pas chaque année car sa floraison dépend de plusieurs paramètres comme la température de l'eau.

Les fleurs hermaphrodites peuvent se développer en fruits ressemblant à de petites « olives » vertes. Les fruits mettent 6 à 9 mois pour murir avant de se détacher en printemps et de flotter à la surface de l'eau. 1<sup>2</sup>

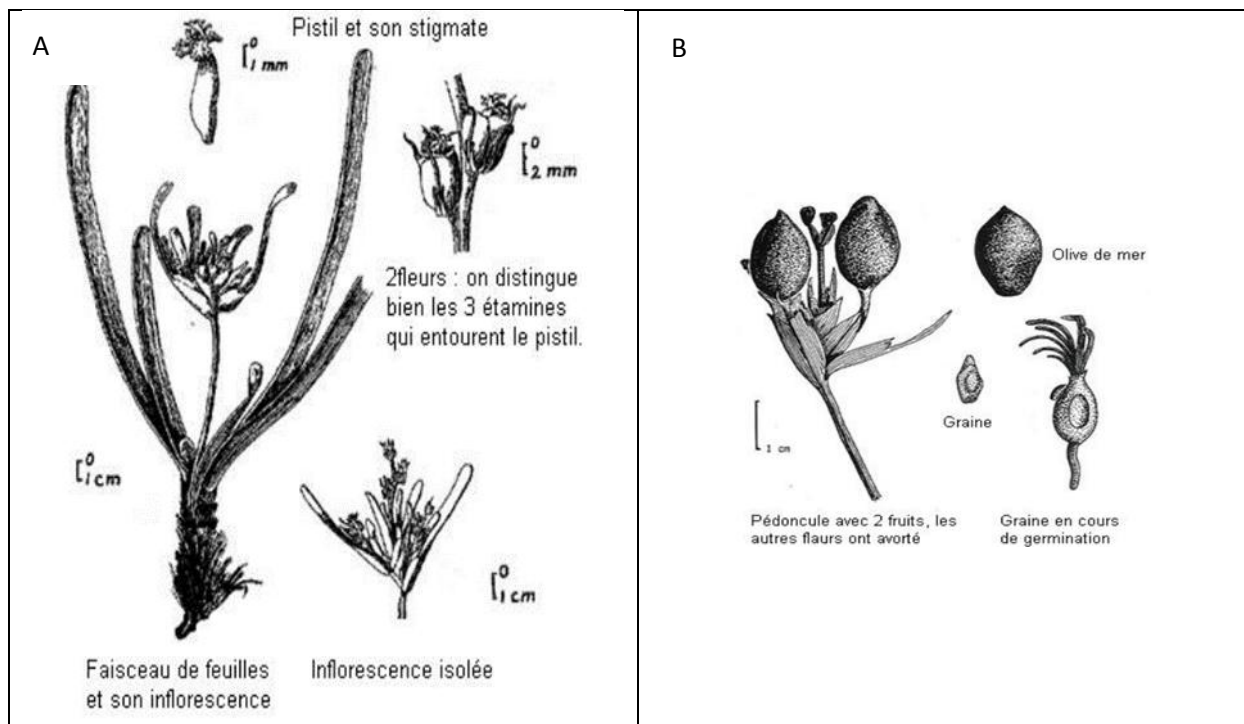


Figure 4 : (A) Floraison, (B) Fruit de *Posidonie* (D'après Hartog, 1970).

### I.7 Les récifs barrières de l'herbier

Le récif barrière de l'herbier à *Posidonia oceanica* est considéré comme un paysage marin caractéristique de la mer Méditerranée, décrit pour la première fois par Molinier et Picard (1950). Élément clé dans la protection du littoral contre l'hydrodynamisme. Au niveau du récif-barrière, qui peut atteindre plusieurs mètres de largeur, les feuilles émergent et s'étalent à la surface de l'eau, notamment au printemps et en été. Le récif se prolonge en pente douce vers le large où il constitue un herbier de fond continu. La forme classique de ces récifs, sous forme d'un front parallèle au rivage, est la plus répandue ; toutefois des structures particulières plus étendues (plates-formes récifales) ont été signalées en Sicile et en Corse.

Les récifs constitués par l'herbier à *Posidonia oceanica* se développent dans des fonds de baies abritées. Moins d'une vingtaine de ces structures ont été recensées au cours de ces dernières décennies, principalement en Méditerranée occidentale (Espagne, France, Italie, Algérie, Tunisie).

En Algérie ce type de formation est rencontré dans la région d'El Kala (marge située vers l'entrée du chenal menant au Lac Mellah) ; à l'anse de Kouali, près de Tipaza celui-ci serait le récif-barrière le plus prospère des côtes algériennes (Le Gall, 1969 ; Boumaza, 1995). Il existe

également de petits récifs entre Bou-Ismaïl et Sidi Fredj (Molinier et Picard, 1953) et dans le secteur de Jijel et Bejaïa (Gouraya) (Grimes et al., 2004).

### I.8 Répartition géographique

*Posidonia oceanica* colonise la majorité des côtes Nord Africaines (Algérie, Egypte, Libye, Tunisie) et européennes (France, Corse, Sardaigne, Italie, Yougoslavie, Grèce, Turquie) à l'exception du secteur de Gibraltar, des zones soumises à l'influence des grands fleuves (Pô, Rhône, Nil) et du littoral sud-est du bassin oriental (Boudouresque *et al.*, 2006 ; Gobert *et al.*, 2006 ; Pergent *et al.*, 2012). Les herbiers à *Posidonie* occupent une surface entre 2.5 et 4.5 millions d'hectares, soit 23 % des fonds méditerranéens comprise entre 0 et 50 m de profondeur (Pasqualini *et al.*, 1998) sur tous types de substrat.



Figure 5 : Répartition de *Posidonia oceanica* le long des côtes méditerranéennes (ligne rouge). A : Rhône ; B : Po ; C : Nil (d'après Pergent et al., 2012).

### I.9 Biodiversité associée aux herbiers à *Posidonie*

L'herbier à *Posidonia oceanica*, espèce écosystème, héberge une multiplicité taxonomique, un véritable oasis de vie couvrant entre 1 et 2 % des fonds marins et pourtant abritant 25 % de la faune et de la flore sous marine méditerranéenne (Boudouresque et Meinesz, 1982). Cette espèce représente un habitat clé regroupant une grande biodiversité et abondance d'organismes. Base des réseaux trophiques, l'herbier est un facteur essentiel de l'organisation des communautés animales et contrôlent la complexité de l'habitat, la diversité des espèces et leur abondance. Plus de 400 espèces différentes de végétaux et plusieurs milliers d'espèces

animales peuplent les herbiers à *P. oceanica*. (Bell et Harmelin-Vivien, 1982 ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Bellan-santini et al., 1994 ; Francour, 1997 ; Boudouresque, 2004).

Les espèces associées à l'herbier à *Posidonia oceanica* se répartissent dans trois compartiments: **(i)** les espèces vivant dans l'épaisseur de la matre (endofaune) : Polychètes, Mollusques, Crustacés **(ii)** les espèces vivant à la base des faisceaux foliaires (sous strate sciaphile) : Algues, Foraminifère, Echinodermes, ascidie **(iii)** les espèces vivant au niveau des feuilles (phyllosphère) : Algues calcaires encroûtantes, Algues dressées, Hydraires, Bryozoaires, Gastéropodes, Crustacés, poissons. (Bellan-santini et al., 1986, Francour, 1990).

### I.9.1 Faune et flore épiphytes associées à la posidonie

Des centaines d'espèces animales et végétales appartiennent à la communauté épiphyte des feuilles de Posidonies. Ces épiphytes représentent une partie très importante de la biomasse totale des feuilles de Posidonie (20 à 40 %) (Gobert *et al.*, 1995 ; Mazzella *et al.*, 1995 ; Lepoint *et al.*, 1999). Les bactéries sont les premiers organismes à coloniser les nouvelles feuilles, ensuite viennent après les diatomées formant ainsi le feutrage épiphytes (Biofilm) (Dauby et Poulicek, 1995).

**La flore épiphyte** : est essentiellement composée de macroalgues : des corallinacées (algues rouges), des phéophycées (algues brunes) et enfin des chlorophycées. Ces algues se situent surtout au niveau de la zone apicale des feuilles cherchant la lumière et protégeant la plante des UV-B.

**La Faune épiphyte** : constituée d'organismes invertébrés filtreurs : des polychètes, des tuniciens, des hydrozoaires et aux quelles sont associés des foraminifères et des bryozoaires, a très forte abondance.



Figure 6 : Epiphytes de l'herbier à posidonie de la plage el Beldj-Tipaza, © Bendaas (2020)



Figure 7: Quelques exemples d'épiphytes de *Posidonia oceanica* (sites internet)

### I.10 Biodiversité associée aux herbiers a *Posidonia oceanica* en Algérie

En Algérie, Il n'existe pas assez de travaux et d'informations sur la faune et la flore associées aux herbiers de Posidonie de la côte algérienne. L'inventaire établi par Salah Salah et Boukhedimi (2020) pour la faune et la flore associées à l'herbier de *Posidonia oceanica* a permis d'identifier un total de 1094 espèces associées à cet herbier ; distribués entre 776 espèces faunistiques et 318 espèces floristiques. Ce total a été ajusté par l'élimination des espèces signalées plus qu'une fois ou sous plus d'une appellation. Ce tri a permis de ramener la liste des espèces faunistiques et floristiques associées aux herbiers à *Posidonia oceanica* de la côte algérienne à 634, dont 474 espèces animales (faune 75%) et 160 espèces végétales (flore 25 %), ce travail a permis de distinguer une biodiversité marine importante associée aux herbiers de Posidonie réparties d'une manière inéquitable. En effet quelques espèces associées à cet herbier ont été signalées tout au long de la côte algérienne notamment :

*Holothuria tubulosa*, *Holothuria forskali*, *Paracentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis*, *Pinna nobilis*, *Sarpa salpa*, *Diplodus annularis*, *Flabellia petiolata*.

Par contre d'autres espèces ne sont signalées que dans un seul secteur de la côte comme par exemple :

- *Zonaria tournefortii*, *Thalassoma pavo*, *Ophidiaster ophidianus*, *Lithophyllum incrustans*, *Epinephelus alexandrinus*, *Diplodus puntazzo* et *Crambe crambe* ... qui ne sont signalée que à l'Est de la côte algérienne.

- *Acanthocardia spinosa*, *Acrosorium sp.*, *Apoglossum ruscifolium*, *Bornetia secundiflora* et *Caulerpa racemosa* (signalées seulement au Centre du littoral algérien).

- *Bittium reticulatum*, *Achaeus cranchii*, *Amphisbetia operculata*, *Columbella rustica*, *Diphasia attenuata*, *Halarachnion ligulatum* (exclusivement signalées à l'Ouest de la côte algérienne).

### I.11 Biens et services écosystémiques de l'herbier à Posidonie

Les herbiers de Posidonies jouent un rôle essentiel et offrent de nombreux services :

- D'abord c'est un lieu de vie pour plusieurs espèces, un lieu de nurseries, de nutrition, de ponte, mais aussi un abri pour de nombreuses espèces.
- 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.
- Retenir les sédiments : Les longues feuilles de la posidonie, dont la densité peut dépasser plusieurs milliers par mètre carré, atténuent considérablement l'hydrodynamisme. Les sédiments piégés sont donc retenus ; leur remise en suspension est modérée et la turbidité de l'eau est ainsi limitée lors des tempêtes
- Il est responsable d'une importante production d'O<sub>2</sub> (poumon de la Méditerranée) soit jusqu'à 14 litres par jour et m<sup>2</sup> d'herbier (Bay, 1978).
- Protéger les plages contre l'érosion : Les banquettes de feuilles mortes, qui s'accumulent sur les plages contribuent également à les protéger contre l'érosion.
- Une importance économique qui dérive des services cités ci-dessus estimée à 172 € m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> (Vassallo *et al.*, 2013). On comprend donc la perte économique et écologique si la régression des herbiers à *Posidonia oceanica*, actuellement observée, n'est pas arrêtée.

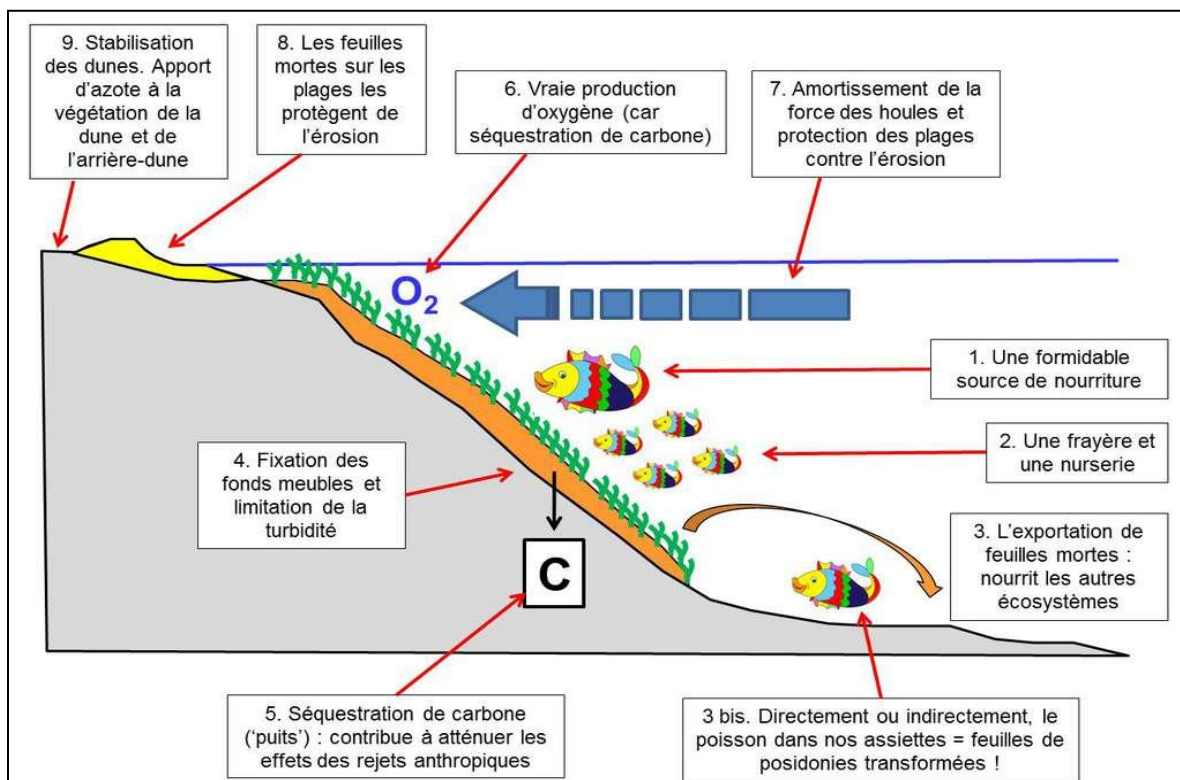


Figure 8: Les biens et services écosystémiques que fournit l'écosystème posidonie, numérotés de 1 à 9 (Le direach et al., 2013).

### I.11.1 Piégeage et Séquestration du carbone par l'herbier à Posidonie

l'herbier de Posidonie est le seul écosystème capable de 'rivaliser' avec les tourbières et les mangroves car il édifie une structure unique : la matte (Boudouresque et al., 2012) constituée du lacis des rhizomes et des racines et du sédiment qui colmate les interstices. Au sein de cette matte, du carbone est piégé, séquestré de façon durable. Cela signifie qu'il peut y demeurer pendant des millénaires, et même des millions d'années. Il sera alors intégré dans la genèse des hydrocarbures. Quelques millions d'années plus tard, ce sera le pétrole que l'Homme extraira, pour son bien (l'énergie) et pour son mal (le CO<sub>2</sub> rejeté, l'effet de serre et le réchauffement du climat).

Autour de la Méditerranée, certains gisements de pétrole (Algérie, Tunisie, Libye) correspondent à d'anciens herbiers de posidonies et d'autres peuplements.

Les herbiers de Posidonies présentent une production primaire élevée, qui peut être évaluée en moyenne, à la profondeur intermédiaire de 15 m, à 116 +/- 29 g de carbone par m<sup>2</sup> et par an (Pergent et al., 2014). Chez cette espèce, on peut donc identifier un « puits » de carbone à court terme (mécanismes de minéralisation intervenant entre 2 à 6 ans après l'enfouissement des feuilles), qui s'observe également chez les autres espèces de magnoliophytes, mais aussi un « puits » à plus long terme (séquestration au sein de la matte). La part du carbone qui rejoint le puits à long terme (séquestration) est estimé en moyenne à 27% du carbone total fixé par la plante. En tenant compte de la superficie, occupée par les herbiers de Posidonies en Méditerranée (environ 35 000 km<sup>2</sup>), la quantité de carbone ainsi séquestrée pourrait atteindre 1.09 Tg1 de carbone par an (Pergent et al, 2012), faisant de l'écosystème à Posidonies une « anomalie » en terme de capacité de stockage du carbone au sein des magnoliophytes marines (Fourqurean et al, 2012).

### I.12 La Posidonie, une bio-indicatrice de la qualité du milieu

Selon Blandin (1986) un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est défini comme « ... un organisme ou un ensemble d'organismes qui -par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques - permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées ». Ainsi, l'utilisation d'un bio indicateur a pour intérêt de révéler la présence d'un déséquilibre au sein de l'écosystème (Glémarec et al., 1980 ; Bellan, 1993 ; Ramade,1993). La présence d'un organisme dans un environnement spécifique tend à prouver que ses besoins écologiques sont globalement satisfaits, alors que sa disparition ou régression témoigne d'une perturbation de son milieu de vie, c'est le principe des « espèces sentinelles » (Blandin, 1986).

Depuis quelques années les travaux s'intéressant à l'utilisation des magnoliophytes marins dans la surveillance et la gestion des écosystèmes littoraux se sont diversifiés (Brix et al., 1983 ; Augier, 1985 ; Ward, 1987 ; Maserti et al., 1988 ; Pergent, 1991 ; Phillips, 1994 ; Abal & Dennison, 1996 ; Fourqurean et al., 1997 ; Pergent et al., 2005). En particulier *Posidonia oceanica* (Pergent et al.,2005) une plante sessile, sédentaire, abondante, d'une population permanente et a large répartition en méditerranée, sensible aux modifications du milieu (Short et Wyllie-Echeverria, 1996; Pergent-Martini et Pergent, 2000; Linton et Warner, 2003;

Yamamuro et al., 2003) constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines (Augier, 1985 ; Pergent, 1991 ; Pergent et al., 1995 ; Pergent-Martini et al., 2005).

Les descripteurs de *Posidonia oceanica* fournissent des informations pertinentes sur l'état du milieu à différents niveaux :

- La densité, les limites supérieures et inférieures fournissent des informations sur la turbidité des eaux, dans le milieu où la turbidité est importante la lumière (facteur limitant) est réduite. La limite inférieure de l'herbier remonte alors (Boudouresque, 2003)
- La vitalité de l'herbier à posidonies est sous l'influence de la pollution, en effet la présence de rejets urbains peut causer la réduction de la longueur des feuilles (Maggi et al., 1977).
- L'étude lépidochronologique apporte des informations pertinentes sur le milieu a titre d'exemple : La vitesse de croissance des rhizomes dépend du taux de sédimentation (Pergent et al., 1995), le coefficient « A » traduit la pression de prédation et de l'hydrodynamisme (Pergent et al, 1995, Pergent, 1991).
- La biomasse des épiphytes témoigne de la richesse du milieu en nutriments (Pergent et al., 1995, Leoni et al., 2006).
- la teneur de la plante en acides phénoliques et cellules a tanin reflète la présence d'un stress environnemental (Pergent-Martini, 1993), l'augmentation du nombre des cellules a tanin est en réponse a une compétition avec une autre espèce (Ferrat et al, 2002, Pergent, 1988).

### I.13 Menaces sur les herbiers à posidonie et causes de régression

Au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, plus particulièrement depuis les années 1950, l'herbier à *Posidonia oceanica* a considérablement régressé aux alentours des grands centres urbains et portuaires. Il régresse en profondeur, remontée de la limite inférieure, en raison de la diminution de la transparence de l'eau, aux profondeurs intermédiaires, mais également au niveau de sa limite supérieure. Les menaces sur les herbiers à *Posidonia oceanica* sont directes et indirectes.

**a) Indirectes :** toute modifications chimiques, physiques ou biologiques du milieu marin peut causer la mortalité des herbiers a *Posidonia oceanica*. De nombreux facteurs interagissent en augmentant la vulnérabilité des organismes. Ces facteurs sont :

- **La turbidité :** la diminution de la transparence de l'eau, sous l'effet de la turbidité, réduit la quantité de lumière en profondeur. La limite inférieure de l'herbier remonte alors (Boudouresque, 2003).
- **La température :** le rejet des eaux réchauffées dans le milieu marin entraine une modification importante sur la température de l'eau de mer, ce qui peut menacer la vie des organismes marin.
- **La Salinité :** peut être modifiée par un rejet d'eau douce (fleuves, émissaires urbains). Etant donné que *P. oceanica* est une espèce qui craint la dessalure, elle semble être

affectée par cette modification et cela est manifesté par sa régression au niveau de l'embouchure des fleuves par exemple.

- **Les apports en nutriments :** *P. oceanica* peut atteindre un niveau de vitalité très élevé dans une mer considérée oligotrophe. Cependant l'enrichissement du milieu en nutriments induit par l'homme entraîne la prolifération des épiphytes, qui entrent en compétition avec la lumière, facteur limitant pour la croissance de la plante.
- **Les apports en contaminants :** les rejets anthropiques véhiculent des détergents, des hydrocarbures, des pesticides, des herbicides, des "métaux lourds" et des composants des peintures "anti-fouling", qui réduisent la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica*.

**b) Directes :** ces causes affectent en générale des secteurs localisés du littoral, notamment :

- **Les aménagements :** le recouvrement par les aménagements littoraux et la modification des flux sédimentaires (exploitation des sables ou aménagement littoral) sont d'importantes menaces sur l'herbier (Ruiz et Romero, 2003).
- **La compétition avec des espèces introduites :** La *Caulerpa taxifolia* qui colonise presque tous les types de substrats, en particulier les mattes mortes et les prairies à *P. oceanica* ; *Caulerpa racemosa*, la deuxième chlorophyte introduite en Méditerranée, et dont l'expansion est extraordinairement rapide.
- **Chalutage :** Le raclement continu des chaluts de pêche arrache un nombre important de faisceaux, et participe ainsi à la réduction de la couverture moyenne du fond par l'herbier, à l'accroissement de la masse de la litière et à l'érosion de la matte. Ce procédé mélange le fond, modifiant ainsi les taux de sédimentation (Sánchez-Jerez, 1994 ; González-Correa et al., 2005).
- **Plaisance et ancrage :** Les dégradations dues aux activités de plaisance sont liées, d'une part, au déversement des macro-déchets directement dans le milieu marin (Moreteau, 1981), d'autre part, à la pollution apportée par les détergents, les hydrocarbures, les peintures antifouling et les rejets des eaux usées (Vincente et Chabert, 1981). Enfin, l'action mécanique directe des ancres et des systèmes de mouillage collectif sur les fonds constitue la plus grosse menace pour les herbiers.
- **L'aquaculture :** son impact sur *Posidonia oceanica* est hautement variable et dépend d'interactions complexes entre un grand nombre de processus, tels que la réduction des radiations lumineuses, l'augmentation de la turbidité de la colonne d'eau, l'augmentation des teneurs en matière organique
- **Utilisation d'explosifs :** (ex : pêche à la dynamite) est interdites entre 0 et 50m de profondeur et/ou à moins de 3 milles nautiques de la côte dans toutes les législations nationales et internationales, car elle peut causer la mortalité des feuilles à posidonie.

#### **I.14 Impact des changements climatiques sur les herbiers à posidonie**

La principale conséquence du changement climatique sur la capacité de fixation et surtout de séquestration du carbone est la diminution de leur capacité de fixation et de séquestration du carbone. La conservation de ces puits constitue un défi majeur car leur dégradation, et la remobilisation concomitante du carbone qu'ils contiennent, pourraient constituer une véritable

bombe à retardement à l'instar des hydrates de méthane accumulés dans les fonds océaniques (Pergent et al., 2014; Belshe et al., 2017).

De plus, la remontée rapide du niveau de la mer est à l'origine d'une diminution de la lumière disponible pour les herbiers profonds où la lumière est un facteur limitant (limite inférieure). Ainsi, l'augmentation de hauteur de la colonne d'eau, au cours de la dernière décennie (estimée en moyenne à 2cm) se traduit par une diminution moyenne de la lumière de 0,06% au niveau de cette limite. Cette augmentation de la hauteur de la colonne d'eau peut entraîner, à elle seule, un recul linéaire compris entre 0.4 et 2.9 m par décennie de la position de la limite inférieure en fonction de la pente (Pergent et al., 2015 ; Barralon et al., 2017).

Aussi les anomalies thermiques enregistrées depuis quelques années, pourraient entraîner une baisse de la vitalité de l'herbier de Posidonie et donc une diminution de leur efficacité. Ainsi, dans l'archipel des Baléares, les deux anomalies thermiques de 2003 et 2006, qui ont entraîné une augmentation importante de la température des eaux estivales, se sont traduites, par une augmentation de la mortalité des faisceaux (Marbà et Duarte, 2010). De même, le long du littoral de la Région PACA, Mayot et al. (2005) avaient enregistré une diminution de la vitalité de la Posidonie en profondeur suite à la période de réchauffement des eaux de l'été 1999 qui avait également conduit à une forte mortalité d'invertébrés benthiques.

Inversement, cette température pourrait potentiellement induire des épisodes de floraison (DiazAlmela et al., 2007) et constituer un moyen très efficace de brassage génétique pour l'espèce (Ballesteros et al., 2005 ; Procaccini et al., 2007).

### **I.15 Règlementation et protection de l'espèce**

Peu de textes réglementaires visent directement à la protection des espèces marines autres que les tortues, les oiseaux et les mammifères, et ce même si des progrès notables ont été Protégée par les conventions de Berne en 1979 et de Barcelone adoptée en 1976, les herbiers de posidonie ont été identifiés comme Habitat prioritaire au titre de Directive européenne de 1992 « Habitat, faune, flore ». En dehors des conventions internationales, il convient d'ajouter la Directive Habitats (92/94 CEE/Habitats naturels) du 21 mai 1992, qui constitue la base juridique de la politique de conservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage et du maintien de la biodiversité sur le territoire de l'Union Européenne. C'est au niveau de son annexe 1 que les herbiers à *Posidonia oceanica* sont recensés en tant qu'habitat prioritaire (Platini, 2000 ; Boudouresque et al., 2006).

**En Algérie** elle est protégée par Loi relative à la protection et la valorisation du littoral (n°02-02 du 22 Dhou el Kaada 1422, correspondant au 5 février 2002 (Journal officiel n°10 du 12 février 2002). Le décret indique : «*L'occupation, et l'utilisation des sols littoraux doivent préserver les espaces terrestres et marins remarquables ou nécessaires au maintien des équilibres naturelles. Sont concernés par la présente disposition, ... les îlots et les îles et tous autres sites d'intérêt écologique ou de valeur scientifiques sur le littoral, tels que les récifs coralliens, les herbiers sous marins et les formes ou formations côtières sous marine* »

**En France :** la protection légale de la Magnoliophyte marine *Posidonia oceanica* s'intègre dans le cadre de la Loi du 10 juillet 1976, relative à la protection de la nature et de son Décret d'application du 25 novembre 1977 concernant la protection de la flore et de la faune sauvages du patrimoine naturel français. Cette protection est officialisée par l'Arrêté interministériel du 19 juillet 1988 (J.O. du 9 août 1988, p. 10 à 128) relatif à la liste des espèces végétales marines protégées qui spécifie "*afin de prévenir la disparition d'espèces végétales menacées et de permettre la conservation des biotopes correspondants, sont interdits, en tout temps et sur tout le territoire métropolitain, la destruction, la coupe l'arrachage, la mutilation, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces ci-après énumérées (...) Posidonia oceanica et Cymodocea nodosa*" (in Pergent, 1991).

**En Italie :** les compétences nationales en matière de défense de la biodiversité du milieu marin et côtier, des espèces marines protégées et de l'environnement marin dans son ensemble sont du ressort de la Direction pour la Protection de la Nature du Ministère de l'Environnement et de la Défense du Territoire.

**En Espagne :** les gouvernements disposent d'une protection effective des Magnoliophytes marines. En effet, en Catalogne, l'Ordre du 31 juillet 1991 permet la protection de *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* et de *Nanozostera noltii*. Dans la Comunitat Valenciana, l'Ordre du 23 janvier 1992 interdit la destruction des phanérogames marines (Boudouresque et al., 1995).

**En Libye :** une législation qui permet la protection d'un grand nombre d'espèces marines. Ces espèces seraient celles adoptées dans le cadre de la convention de Berne et celles identifiées par le Protocole sur les Aires Spécialement Protégées.

**En Slovénie :** *Posidonia oceanica* est incluse par un Règlement ministériel, du 24 septembre 2002, sur la liste rouge des végétaux et animaux menacés, avec *Zostera marina* et *Nanozostera noltii*, ce qui impose que l'État doit engager des mesures de conservation vis à vis de ces espèces.

**En Turquie :** de strictes protections sont exprimées dans les Règlements de pêche du Ministère de l'Agriculture, pour les Magnoliophytes marines, *Posidonia oceanica* et *Nanozostera noltii*.

Outre les textes réglementaires, il existe d'autres démarches qui visent à limiter ou à compenser les dégradations de l'environnement littoral, engendrées directement ou indirectement, par l'homme. Des procédures réglementaires qui visent à restreindre les rejets polluants, à assurer le traitement des rejets urbains, à lutter contre l'eutrophisation des eaux, à interdire certaines techniques de pêche et à lutter contre l'introduction d'espèces invasives.

La mise en place d'Aires Marines Protégées (AMP) peut constituer un moyen de protection des herbiers à *Posidonia oceanica*.

## II. Méthodologie

### II.1 Présentation de la côte algérienne

De la frontière algéro-tunisienne El Kala à l'Est à la frontière algéro-marocaine Marsa Ben M'hidi à l'Ouest le littoral algérien s'étend sur 1280 km, divisé traditionnellement en trois zones côtières : Est, Centre et Ouest alternant des rivages rocheux, des plages sablonneuses et des zones humides ,le plateau continental est relativement étroit avec ces 7 km de largeur ,se réduit a moins d'un kilomètre près des massifs montagneux et est beaucoup plus large a certains endroits tels que au niveau des baies.

Tout au long de la côte algérienne de l'est à l'ouest plusieurs baies et golfs sont formés : golfe d'Annaba, golfe de Skikda , baie de Jijel , golfe de Bejaïa , baie de Zemmouri , baie d'Alger , baie de Bou-Ismaïl , golfe d'Arzew , golfe d'Oran , baie de Béni Saf , golfe de Ghazaouet.

Le réseau hydrographique aboutissant en mer compte 31 oueds (oueds permanents, temporaires et principaux oueds : Seybouse, Issir,...) (Grimes, 2010).

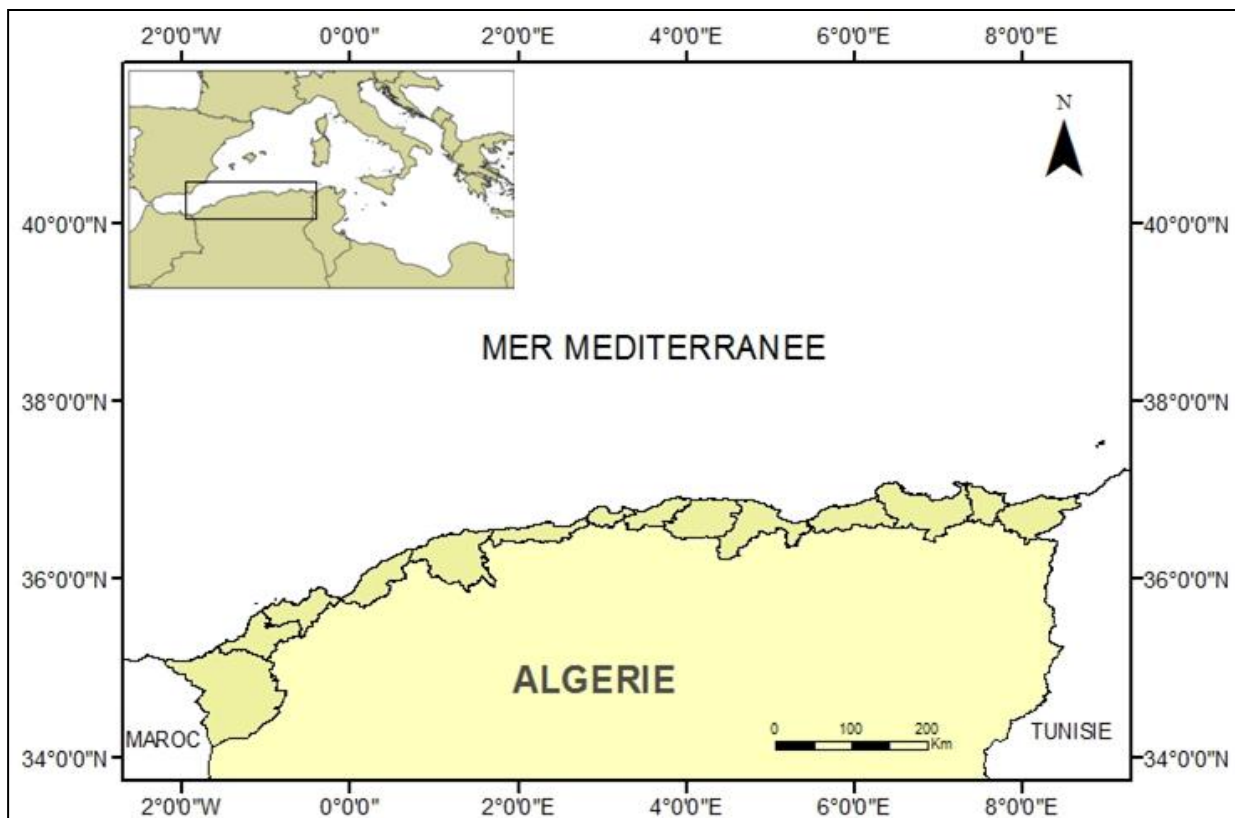


Figure 9 : Localisation géographique de la côte algérienne (à partir d'Arc Gis).

Dans le bassin algérien, les eaux de surface sont formées par l'interaction de deux couches d'eaux, l'eau Atlantique (AW) qui pénètre par le détroit de Gibraltar et l'eau méditerranéenne (AM), ce mélange circule d'Ouest en Est le long des côtes africaines en formant de vastes tourbillons anticycloniques (Millot, 1999). Vers les côtes algériennes, la circulation de cette eau prend la forme d'une veine de courant appelée le courant algérien (AC), ce dernier forme des méandres anticycloniques dits de grande-échelle qui peuvent atteindre 100 km de diamètre, et d'autres cycloniques et anticycloniques dits de méso-échelle de quelques dizaines de km de largeur.

Les régions côtières sont caractérisées par un climat modéré, généralement, sur le littoral algérien la température minimale de l'air ne s'abaisse pas en dessous de 0°C et la maximale ne dépasse pas 40°C. La moyenne annuelle de la température est de 20°C avec des moyennes mensuelles extrêmes de 28,5°C en mois d'Août et de 23°C en avril (Bouras et Boutiba, 2004 ; Rouane-Hacene, 2013).

Néanmoins, cette portion du territoire est confrontée à une pression démographique croissante sans cesse et à une multitude de problèmes tels que la surexploitation de ses ressources et la concentration des activités industrielles surtout dans ses grands centres urbains dont trois des quatre métropoles que compte le pays (Alger – Annaba – Constantine – Oran) et par conséquent une forte action anthropique qui a engendré la dégradation des zones côtières.

## II.2 Principaux travaux réalisés sur l'herbier à posidonie en Algérie

*Posidonia oceanica* est la phanérogame marine la plus répandue sur les côtes algériennes colonisant la quasi-totalité de l'étage infralittoral. Malgré cela, sa distribution et sa caractérisation reste peu documentée. Les informations existantes se limitent dans la majorité des travaux scientifiques sur la présence ou absence de ces herbiers et à leur vitalité.

Une cartographie à grande échelle de l'herbier à posidonie établie par Vaissier et Fredj (1963) indique que les herbiers étaient bien développés dans le golf d'Annaba, la baie de Bou Ismail et le golf d'Arzew. À ce travail s'ajoutent ensuite de nombreux travaux portant sur les différentes caractéristiques de l'herbier, qui viennent préciser des informations pertinentes sur **(1) la vitalité** (Semroud et al., 1992 ; Semroud, 1993, 1996 ; Pergent et al., 1993 ; Mezali, 1998 ; Boumaza et Semroud, 2000 ; Ferhi et Ghiboub, 2001 ; Boudefoua et Kada, 2007 ; Misraoui et Sengouga, 2011 ; Belbachir, 2012 ; Bamahammed et Naimi, 2012. Boudaa, 2013 ; Chahrour, 2013 ; Khodja, 2013 ; Boumaza, 2015 ; Mammeria, 2006), **(2) sur la surveillance des limites, cartographie et balisage de *Posidonia oceanica*** (Ferhi et Ghiboub, 2001 ; Lamouti, 2006 ; Bengrine et Guelmami, 2007 ; Lamouti, 2007 ; Guerrah et Nour, 2008 ; Khazimi, 2010 ; Lamouti, 2010 ; Bamahammed et Naimi, 2012 ; Boukort, 2015 ; Harzallah et Zeriat, 2015 ; Zerouk, 2016), **(3) sur l'impact de la pollution sur les herbiers de posidonie** (Tarmoul, 2010 ; Guendouzi, 2011 ; Boudjemal et Boughella, 2012 ; Boudaa et Ayat, 2013 ; Guendouzi et al., 2015), **(4) sur la biodiversité associée à *Posidonia oceanica*** (Semroud et al., 2004 ; Derbal et Kara, 2010 ; Ain Baziz et Sakher, 2010 ; Belkhamssa et al., 2015 ; Bouchher, 2015 ; Bennama et Nekkaa, 2017 ; Zeggaoui, 2019)

Cependant, des phénomènes de destruction et de régression des herbiers à *Posidonia oceanica* ont été reportés en Algérie. Des facteurs naturels ou anthropiques sont en cause de cette régression, ces deux facteurs interagissent simultanément, d'où la difficulté d'interpréter l'impact réel. C'est pour cette raison que de nombreux auteurs préconisent une approche globale combinant différents paramètres de *Posidonia oceanica* pour permettre une meilleure compréhension de ces interactions. Dans ce perspective, un grand nombre d'ouvrages et d'informations ont été consulté à partir de plusieurs sources. Les tableaux suivants (tableaux 1, 2, 3) présentent une synthèse des travaux de recherche relevés de la littérature sur l'herbier à Posidonie de la côte algérienne.

**Tableau 1 : Travaux réalisés sur l'herbier à posidonie dans le centre de l'Algérie**

Wilaya	Site	Coordonnées	Références	
Tipaza	Anse de Kouali	36° 35.677'E, 02° 29.707'N	Guerrah et Nour (2008)	
		/	Boudefoua (2011)	
		/	Bamahammed et naimi (2012)	
		36°35.6774N , 02°29.707 <sup>E</sup>	Misraoui et Sengouga (2011)	
		36° 39' 25.8"N et 2° 41' 7.2"E (limite inferieure)	Boumaza (2015)	
		/	Boukourt (2015)	
		/	Amarouche (2005)	
	Bou Ismail	/	36°39.431'N, 02°41.120'E (balise 12)	Bengrine et Galmami (2007)
		/	36° 39.431' N et 2° 41.120' E	Khazimi (2010)
		/	/	Boudefoua (2011)
		/	/	Boudjamel et Boughella (2012)
		/	36° 38' 48.7" N et 2° 40' 50.1" E (limite supérieure)	Boumaza (2015)
		/	36° 38' 51.6" N et 2° 40' 50.1" E	Harzallah et Zeriat (2015)
	Station dessalement	36°39.250' N, 02°41.161'E	Misraoui/ Sengouga (2011)	
	Société Tonic	36°39.609'N, 02°42.070'E		
Hajrat Ennous	/	Boukourt (2015)		
Plage Belhousseine 1	36° 37,528' N ; 02° 24,329' E	<b>Présent travail</b>		
Corne d'Or	/	Daoudi et Hasna (2015)		
Alger	El Djamila	36° 47' 741" N, 2° 53' 608" E	Ferhi/Ghiboub (2001)	
	Sidi Fredj	/	Mezali (1998)	
		/	Lamouti (2006)	
		/	Boutarene et Ghanem (2010)	
		/	36° 45.519' N, 2° 50.339' E	Boughanem et Nait Tayab (2012)
		/	/	Misraoui et Sengouga (2011)
		/	2.84422N, 36.75325 <sup>E</sup>	Boudaa (2013)
	Ile Agueli	36° 47.527' N et 3° 21.252' E	Misraoui et Sengouga (2011)	
	Ain Benian	36° 48' 553" N et 2° 55' 195" E		
	Chenoua	36°38'33" N et 2°41'24" E		
	Saint Bérard	36°36.977 N et 2°37.489' E		
	Khemisti	36°38597' N et 2°40.098' E		
	La Madrague	36°48.0.35' N et 2°53.428' E		
	La Pérouse	36°48.293'N et 03°13.907'E		
	El Marsa	36°48.789'N et 03°15.433'E		
		/		Semroud (1992)
	Alger plage	/		Boudjamel et Boughella (2012)
		/	Guendouzi (2011)	
	Rais Hamidou	/	Lamouti (2010)	
	Tamenfoust	/	Guendeuzi 2011	
/		Lamouti (2010)		
Serkouf (Ain Taya)	/	Neghli (2014)		
	/	Benabdi (2015)		

**Tableau 2 : Travaux réalisés sur l'herbier à posidonie dans l'Ouest de l'Algérie**

Wilaya	Site	Coordonnées	Références
Mostaganem	Sidi Lakhder	36° 12' 40.63 N et 0° 23' 20.78 E	Boudjella (2015)
	Stidia 1	35° 49' N / 0° 01' O	Belbachir (2012)
	Stidia 2	/	
	Hadjadj 1	36° 08' N / 1° 80' E	
	Hadjadj 2	/	
	Hadjadj 3	/	
	Salamandre	/	
		/	Belarouci et Ghennad (2015)
		/	Bennama et Nekkaa (2017)
		/	Adjal et Difallah (2017)
	/	Razali (2017)	
	/	Belbachir (2019)	
Oran	Ile Rachgoune	35° 19' 18" N, 1° 28' 49" E	Bouidja (2014)
		/	Rapport MATE (2005) PNUE/PAM-CAR/ASP (2016)
	Cap Carbon	35°54'5''.43 N, 0°20'21''.39 O	Boudjella(2015)
		35° 54' 6.36 N, 0° 20' 20.22 W	Chahrouf et al. (2014)
			Housseine (2014)
	Ain Franin	35° 46' 49.78'' N, 0° 31' 01.51'' W.	Chahrouf et al. (2014)
		35° 46' 18'' .97 N et 0° 1' 28'' .71 O.	Boudjella (2015)
	Cap Blanc	35°41'3" N et 1°2'35" E.	Khodja (2013)
	Oued El Hillel	/	Boukourt (2015)
	Port Au Poules	/	Housseine (2014)
	Arzew	/	
	Kristel	/	
	Port d'OranMonta	/	
	Ain Türck	/	
	Cap Falcon	/	
	Pain Sucre	/	
Ile Plane	/		
Madagh	/		

Tableau 3 : Travaux réalisés sur l'herbier à posidonie dans l'Est de l'Algérie.

Wilaya	Site	Coordonnées	Références
Annaba	Baie d'Annaba	36° 53' et 36° 59' N, 7° 45' et 7° 48' E	Menail et Abdeli (2007)
	Caroube	/	Derbal (2007) Derbal et Kara (2010) Boubekeur (2018)
	Club de la mer	/	Mammeria (2006)
	Aïn-Achir	/	Derbal et Kara (2010) Boubekeur (2018)
	Cap de Garde	/	Abdelli (2007)
	Pain de Sucre	/	Derbal (2007)
	A proximité de l'oued Mafrag	/	Derbal (2007)
	Plage El-Hanaya	/	Derbal et al. (2013)
Bejaia	Aiguades	/	CNDRB (2013)
Jijel	Grand phare	36°49'0.05"N, 5°41'17.00"E	Hamimeche (2015)
	Bord Blida	36°46'59.52"N, 5°37'48.46"E	
	Chalates	36°46'59.52"N, 5°37'48.46"E	
	El Aouana	36°47'1.98"N, 5°36'29.73"E	
	Ziama Mansouria	/	Ainbaziz et Sakher (2010)
	Taza (cap Ouest et Est)	/	Ainbaziz et Sakher (2010)
	Les Aftis	/	Ainbaziz et Sakher (2010)
	Le Randenneur (Ras Talouaa)	/	Ainbaziz et Sakher (2010)
	El-Aouana (Cavalo)	/	Ainbaziz et Sakher (2010)
	El-Aouana (Andru)	/	Ainbaziz et Sakher (2010)
Skikda	Ile de Srigina	/	Zeghdoudi et al. (2019)
	Plage de Stora	/	Derbal (2007) Zeghdoudi et al. (2019)
	Mollo	/	Zeghdoudi et al. (2019)
	Filfila	/	Derbal (2007)
El Tarf	Veille cale	/	Pergent et al. (1993)
	Lac mellah	/	Semroud et al. (2004)
	Ras Segleb	/	Semroud et al. (2004)
	Messida (W)	/	
	Cap Rosa (N)	/	
	Ras Cavallo	/	
	Ras Rosa	/	
	Entre Ras Segleb et Messida	/	
	M'Zara	/	
	Plage Vergès	/	
Plage petite Tortue	/		

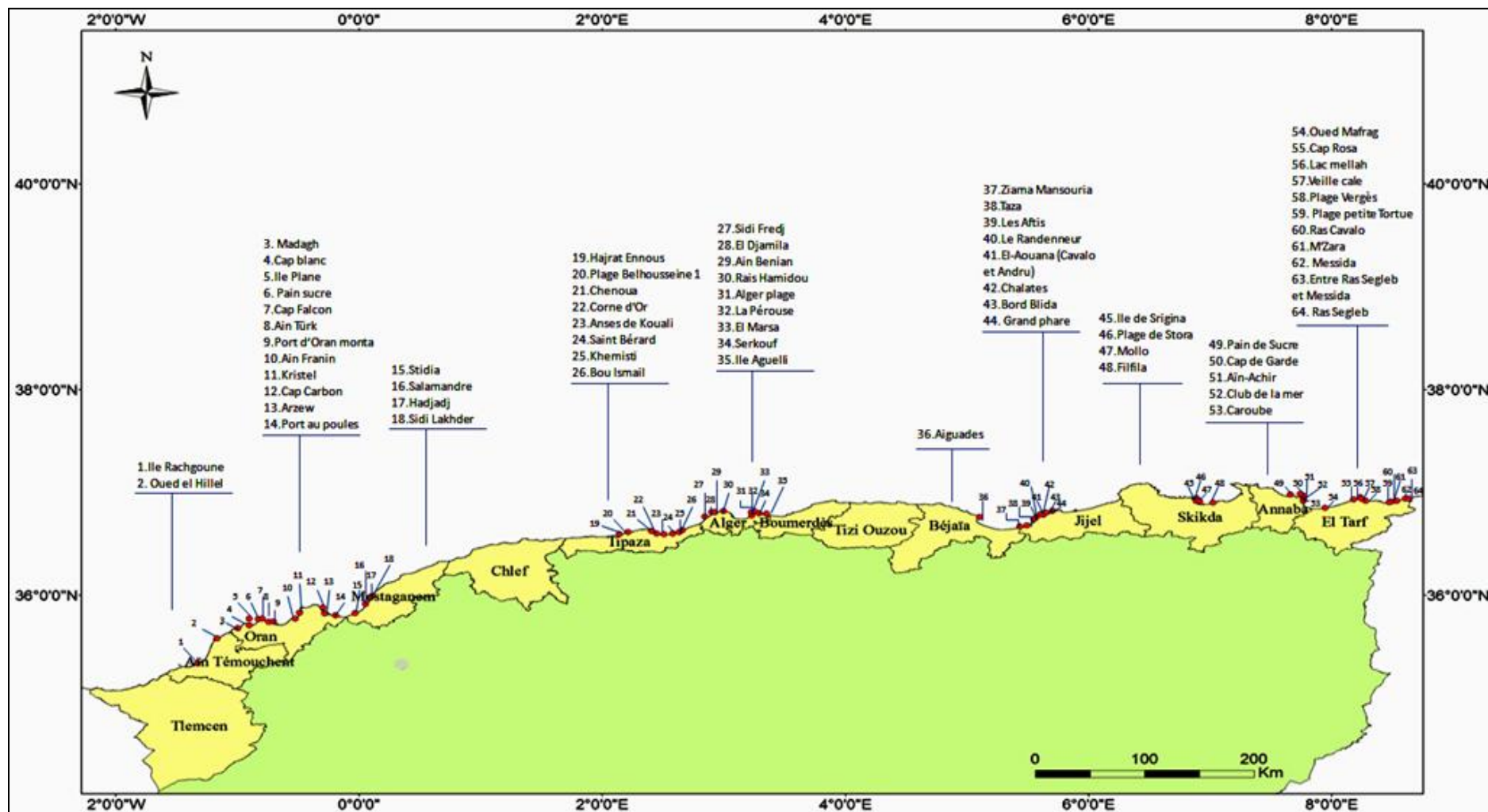


Figure 10 : Distribution des herbiers a Posidonie de la côte algérienne. (À partir d'Arc Gis).

## II.3 Descripteurs de l'herbier à Posidonie

### II.3.1 Densité

La densité correspond au nombre de faisceaux par unité de surface ( $m^2$ ), elle est déterminée par des comptages *in situ*, au moyen d'un quadrat de dimension donnée (généralement de 20 cm ou 40 cm de côté) placé au hasard au niveau de l'herbier (Pergent, 2007). Lorsque l'herbier est discontinu, les comptages sont réalisés à l'intérieur des taches d'herbier (Charbonnel *et al.*, 1995). Les herbiers sont ensuite caractérisés selon deux grilles de lecture établis par Giraud (1977) et par Pergent *et al.* (1995).

Ce paramètre apporte des informations sur les conditions environnementales, en particulier la transparence de l'eau, mais également sur l'enrichissement en nutriments du milieu (Ruiz et Romero, 2001 ; Pergent- Martini *et al.*, 2005).

**Tableau 4** : Classement des herbiers à *Posidonia oceanica* en fonction du nombre de faisceaux/ $m^2$  (d'après Giraud, 1977).

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, cette grille permet de caractériser un herbier de Posidonie, mais elle n'intègre pas le facteur profondeur, une densité de 500 faisceaux/ $m^2$  (soit un herbier dense) n'aura pas la même signification écologique, si elle est mesurée à -5 m ou à -20 m de profondeur. La classification proposée par Pergent *et al.* (1995), intégrant la profondeur, ce qui rend la densité comme paramètre descripteur de la vitalité de l'herbier.

**Tableau 5 :** Echelle d'évaluation de la densité (nombre de faisceaux / m<sup>2</sup>) des herbiers a *P.oceanica* en fonction de la profondeur. DA=densité anormale, DSI=densité subnormale DSS : densité subnormale supérieure

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

### II.3.2 Recouvrement foliaire

Le recouvrement correspond au pourcentage occupé par l'herbier sur une surface donnée (Pergent-Martini et al., 2005), déterminé *in situ* à l'aide d'un quadrat généralement de 1 m<sup>2</sup> ou peut être déterminé au laboratoire ou à partir de photographies, prises verticalement, à une hauteur fixe par rapport au substrat (Pergent-Martini et al., 2005). Sa relation avec différents facteurs (profondeur, type de substrat, densité, et niveau de pression anthropique) n'est pas démontrée (Leriche et al., 2006) ; ce qui rend son interprétation difficile (Lopez y Royo, 2008).

Une grille d'interprétation de la vitalité de l'herbier (vitesse de progression) en fonction du pourcentage de recouvrement moyen mesuré a été proposée par (Charbonnel et al, 2000) :

**Tableau 6** : Grille d'interprétation de la vitalité de l'herbier en fonction du taux de recouvrement

Recouvrement	Interprétation
> 80%	Très fort recouvrement
60% < valeur < 80%	Fort recouvrement
40% < valeur < 60%	Recouvrement moyen
20% < valeur < 40%	Faible recouvrement
< 20%	Très faible recouvrement

### II.3.3 Biométrie foliaire

Les paramètres biométriques constituent de bons indicateurs de la transparence de l'eau (Ruiz et Romero, 2001, 2003), de l'enrichissement du milieu (Cancemi *et al.*, 2003 ; Leoni *et al.*, 2006) et de la pollution par les rejets industriels (Balestri *et al.*, 2004). Chaque faisceau prélevé est décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles (Pergent, 2007). En fonction de la maturité des feuilles, celles-ci sont classées selon le protocole de Giraud (1979) puis dénombrées :

- 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 sont déterminées :

1) La longueur totale de la feuille ;

2) La largeur de la feuille.

3) surface foliaire par faisceau pour chaque catégorie de feuille, exprimée en cm<sup>2</sup> /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 :**

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

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

- **Pour les feuilles intermédiaires**

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

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

- **Pour les feuilles juvéniles**

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

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

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

5) Coefficient A qui traduit le pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex (Giraud, 1979), l'état des apex apporte des renseignements pour un site donné, 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 ; Wittman et al., 1981).

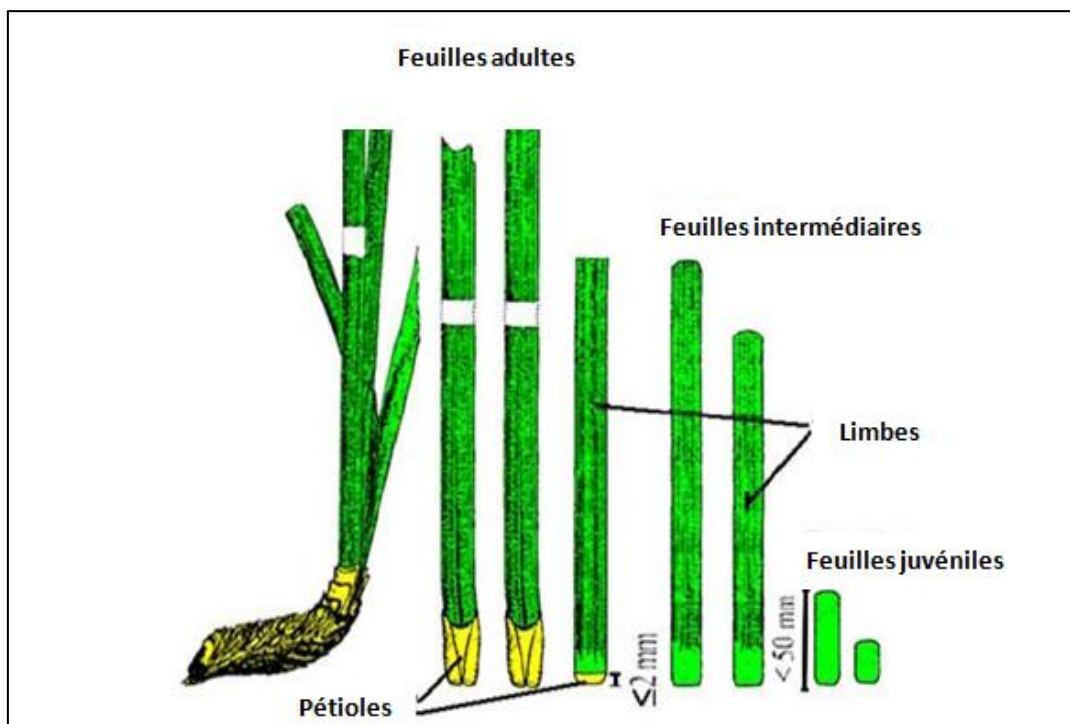


Figure 11 : Dissection phénologique de *Posidonia oceanica* (Pergent, 1987).

Une grille d'évaluation des descripteurs phénologique a été proposée, selon cinq niveaux de qualité, définies dans le cadre du programme INTERREG Posidonia. (Source : Pergent 2005)

Surface foliaire : entre juin et juillet					
	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15m	> 362	362-292	292-221	221-150	<150
Coefficient A : non disponible a ce jour					
-15m					
Nombre de feuille par an					
-15m	>8	8-7.5	7.5-7	7-6.5	<6.5
Vitesse de croissance					
-15m	>11	11-8	8-5	5-2	<2

### II.3.4 Biomasse des épiphytes des feuilles de Posidonie

La biomasse des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* est en relation étroite avec le degré d'enrichissement du milieu en nutriments (Pergent-Martini et al., 1996 ; Piazzini et al., 2004 ; Leoni et al., 2006). Les épiphytes sont considérés comme des indicateurs des changements environnementaux plus sensibles que la plante (Balata et al., 2008, 2010 ; Kocak et Aydin-Onen, 2014). Ce descripteur est très communément utilisé en raison de la simplicité d'application et peu coûteux, qui fournit des informations sur la qualité des eaux et l'apport en nutriment dans le milieu (Pergent et al., 2005).

### II.3.5 Lépidochronologie

L'étude lépidochronologique est basée sur une variation cyclique annuelle de l'épaisseur des écailles le long de rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* (Pergent, 2007). Les variations de l'épaisseur des écailles peuvent avoir une origine aléatoire ou à cause d'une réponse de la plante à des facteurs endogènes (variations intrinsèques) ou exogènes (température, luminosité, hydrodynamisme) (Pergent, 1987).

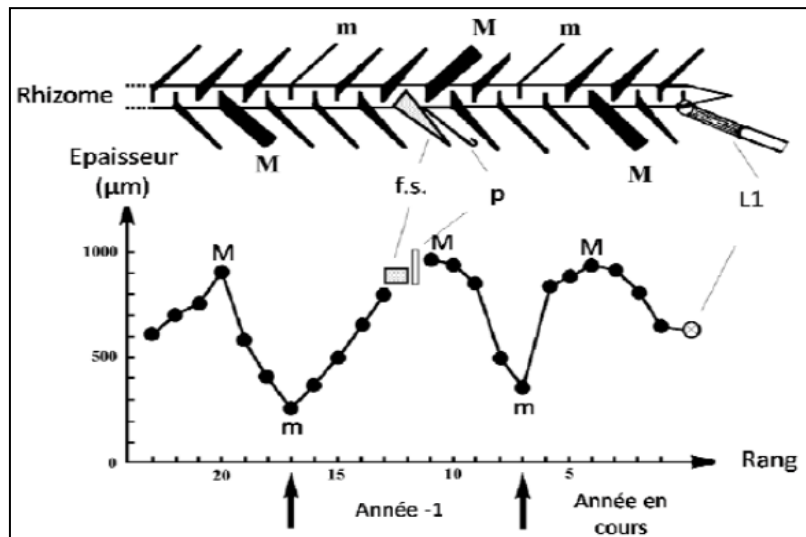


Figure 12 : La lépidochronologie. En haut : disposition des écailles le long d'un rhizome de *Posidonia oceanica*. En bas : épaisseur des écailles (en  $\mu\text{m}$ ). M : maximum d'épaisseur. m : minimum d'épaisseur. f.s. : restes d'un pédoncule floral., P : prophyllé (= préfeuille) accompagnant le pédoncule floral., L1 : feuille vivante la plus âgée ( Pergent et al., 1989).

L'analyse lépidochronologique permet de mesurer :

- La vitesse de croissance,
- La production annuelle des rhizomes,
- Le nombre de feuilles formées chaque année,
- La dynamique d'édification des herbiers,
- La production primaire passée,
- Le rythme de chute des feuilles,
- Les teneurs anciennes en polluants (Pergent et Pergent-Martini, 1990).

Elle permet également la datation des anciennes floraisons (Pergent et al., 1989) et le taux de sédimentation (Pergent, 2007).

### II.3.6 Mesure des limites supérieures et inférieures

La limite supérieure correspond à la portion d'herbier la plus proche de la côte, en terme de bathymétrie, alors que la limite inférieure correspond à l'extension bathymétrique maximale (Boudouresque et al., 2006, Pergent, 2005). La position de ces limites dépend de la transparence des eaux, plus cette dernière est élevée plus la limite est profonde (Pergent-martini et Pergent, 1995)

La surveillance de ces limites se fait de manière à disposer d'un repérage précis de leur position dans l'espace et dans le temps (Pergent, 2005).

D'autres méthodes aussi existent telles que : la disposition de marques fixes à la limite inférieure et/ou à la limite supérieure d'un herbier à un moment donné et la comparaison de ces marques avec la limite observée quelque temps après, la méthode des transects, la photographie aérienne, le sonar latéral et la "bouée intelligente" à GPS.

### II.3.7 Etude des teneurs en phénols

La production de composés phénoliques est sous contrôle génétique (Croteau et Gershenzon, 1994; Hartman, 2007), mais leur production qualitative et quantitative est affectée par divers facteurs environnementaux (Bryant et al, 1983; Gershenzon, 1984; Hartman, 2007; Macheix, 1996; Quackenbush et al, 1986; Ragan et Glombitza, 1986).

Cependant, comme avec d'autres herbiers marins, seul un nombre très limité d'études portent sur le rôle des composés phénoliques de *Posidonia oceanica* (Heglmeier et Zidorn, 2010). Les substances phénoliques sont analysées chez *P. oceanica*, en prenant en compte la présence de différents stress dans le milieu : Surpâturage (Cannac et al., 2006; Cariello et Zanetti, 1979; Vergés et al., 2007, 2008, 2011), présence d'espèce concurrente avec *Caulerpa taxifolia* (Agostini et al., 1998; Cuny et al., 1995; Dumay et al., 2004; Ferrat et al., 2003; Pergent et coll., 2008), pressions anthropiques (Agostini et al., 1998; Cozza et al., 2004; Milgiore et al., 2007; Rotini et al., 2011; Boumaza et al, 2014), l'enrichissement environnemental en azote (Cannac et al., 2006; Leoni et al., 2007) et la contamination par le mercure (Ferrat et al., 2003, 2012).

Aussi, la présence de « cellules à tannin » spécialisées dans la production de composés phénoliques a été mise en évidence chez *Posidonia oceanica* (Pellegrini et Pellegrini, 1992, 1993). Leur nombre semble augmenter dans certains cas par des facteurs externes tels que les rejets d'effluents (Pergent, 1988; Boumaza et al., 2012) et lors de la compétition avec deux Bryopsidophyceae, *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa cylindracea* (Cuny et al., 1994; De Villèle et Verlaque, 1995; Dumay et al., 2004).

### II.3.8 Contamination du milieu par les métaux lourds

Si les métaux sont souvent indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), nombre d'entre eux peuvent s'avérer contaminants pour diverses formes de vie, lorsque leur concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du vanadium (V), du sélénium (Se), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), de l'arsenic (As) et du titane (Ti) (Miquel, 2001). D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et peuvent être même préjudiciables comme le mercure (Hg), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (Chiffolleau et al., 2001).

*Posidonia oceanica* est souvent considérée comme un bio-indicateur de contamination métallique depuis de nombreuses années (Pergent-Martini & Pergent, 2000). Elle a une capacité de concentration en éléments traces, proportionnel aux teneurs présentes dans le milieu (Pergent-Martini & Pergent, 2000) et un pouvoir de résistance à la contamination métallique. De plus, sa capacité à être maintenue en aquarium pour des expériences de contamination artificielle de courte durée (Ferrat et al. 2002) et surtout la possibilité de datation des anciennes pollutions grâce à la lépidochronologie (Pergent-Martini, 1998; Pergent et Pergent-Martini, 1999).

### III. Résultats et discussion

#### III.1 Description de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la côte algérienne

Les effets conjugués de la politique économique et de la pression démographique eurent pour conséquence, un inégal développement de la partie littorale de l'Algérie, impliquant pour les zones de grande concentration urbaine, de graves atteintes à l'environnement, notamment une régression flagrante des herbiers à *Posidonia Oceanica*.

L'herbier à *Posidonia oceanica* qui est la principale communauté benthique de l'étage infralittoral de Bou Ismail, est en régression (Braik, 1989 ; Khazimi, 2010 ; Boumaza, 2015). Cette ville considérée la plus industrialisée dans la wilaya de Tipaza, est soumise aux effluents urbains et industriels qui sont directement rejetés en mer, sans traitement préalable, à travers de multiples déversoirs sous-marins (Boumaza, 2015). Ces rejets ont pour conséquence d'augmenter la turbidité de l'eau, qui se traduit ensuite par la remontée des limites inférieures de l'herbier.

Les Anses de Kouali caractérisés par une activité humaine peu marquée et est représentée essentiellement par l'occupation saisonnière des lieux pour la baignade (Boumaza, 2015). L'herbier est identifié comme un herbier de référence dans la baie de Bou Ismaïl, sa productivité primaire étant l'une des plus importantes enregistrées en Méditerranée (Boumaza et Semroud, 2000).

Sidi Fredj est un site qui comprend plusieurs complexes touristiques marqué par une importante activité en période estivale, à titre d'exemple la plage de la Thalassothérapie, où 25% de la superficie totale des herbiers à Posidonie a complètement disparue (Ghehioeche et Zemat, 1996).

La limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie d'El Djamila présente un caractère régressif marqué par la présence de matte morte (Ferhi et Ghiboub, 2001). Diverses constructions longent la côte et y déversent leurs eaux usées sans traitement préalable.

Au niveau de l'île Aguelli, l'herbier est menacé par les activités de la zone industrielle de Rouiba-Reghaia (rejets en mer sans traitement préalable et extraction illégale et abusive de sable de plage) et l'urbanisation anarchique (Misraoui et Sengouga, 2011 ; PAC, 2005) d'une part, et d'un fort hydrodynamisme qui caractérise la région d'autre part.

La région d'Ain Benian est marquée par une forte urbanisation qui se concentre sur la frange littorale, en arrière de laquelle se trouvent des terres agricoles. L'herbier a un faible recouvrement auquel se mêle *Caulerpa cylindracea* (Misraoui et Sengouga, 2011).

Chenoua est une zone menacée par les eaux usées d'une agriculture intensive pratiquée sur la frange littorale, l'urbanisation anarchique, l'évacuation des rejets en mer, l'extraction du sable et la pêche sur les herbiers, (PAC 2005). Les rhizomes présentent un fort déchaussement avec un faible recouvrement de l'herbier (Misraoui et Sengouga, 2011).

La station de Saint Bérard se situe à proximité des filières de mytilicultures de la ferme d'Ain Tagourait, la limite inférieure de l'herbier est de 19m avec un recouvrement estimé à 100% (Misraoui et Sengouga, 2011).

Misraoui et Sengouga (2011) ont également signalé la régression de l'herbier de la station la Madrague, il se présente sous forme de touffes sur substrat meuble. Les principaux facteurs de cette régression sont : l'extension du port, aménagement d'une plage et construction d'un parking, depuis 2004 et l'évacuation anarchique des eaux usées domestiques. *Caulerpa cylindracea* est également présente.

A l'Ouest, l'herbier de Cap Carbon est sous l'influence d'importants rejets urbains et industriels provenant de la présence d'unités et de complexes industriels pétrochimiques (Dermeche et al., 2010). Il s'étend pratiquement à des profondeurs supérieures à 15m à l'intérieur duquel on rencontre la grande nacre *Pinna nobilis* (Chahrour et al., 2013). Quant à la station d'Ain Franin, celle-ci est considérée comme une zone non impactée car l'action anthropique est très peu marquée (Belkhedim, 2010 ; Chahrour, 2013 ; Boudjella, 2015).

Un superbe herbier tapisse les petits fonds de l'Ile Rechgoune (Bouiadja et al., 2014), cette zone a été classé zone humide d'importance internationale, selon la convention Ramsar.

L'herbier de Posidonies de Stidia se présente sous la forme d'une prairie plus ou moins continue correspondant à un herbier de plaine, ne ressemblent à aucun des 7 types d'herbiers décrits par Boudouresque et al., (2006). Ces herbiers sont constitués de plusieurs touffes (ou taches) plus au moins circulaires, d'une superficie variable (allant de 50 cm<sup>2</sup> à une dizaine de m<sup>2</sup>) (Belbachir, 2012).

L'aspect sous-marin du site de Salamandre présente quelques signes de dégradation, à savoir une biodiversité réduite et un herbier de posidonie en très mauvais état. Cet herbier se présente sous forme d'herbier clairsemé, voir des touffes de quelques mètres carrés. Cette situation est la conséquence directe des aménagements réalisés, à savoir la construction du port de pêche de Salamandre qui a modifié la circulation des eaux, affectant directement l'état de santé des herbiers de posidonie de ce site (Belbachir, 2012).

Selon Houssein (2014), les surfaces des herbiers à posidonie de l'Oranie sont importantes à Cap Carbon, Arzew, Ain El Türck, Pain Sucre et Madagh II. En effet à Madagh II, il est sous forme d'un récif barrière avec une limite supérieure de 0.1 à 0.3 m de profondeur.

D'autres stations renferment des herbiers moins denses que les premiers, à savoir Cap Falcon : l'herbier est sous formes de plusieurs taches sur substrat meuble. À l'Ile Plane, il ya une absence totale de la Posidonie au tour de l'île, mais au N/W de l'Ile entre 8 et 12 m de profondeur existe une tache qui couvre une superficie de 30 m<sup>2</sup>.

Ce même auteur reporte que *Posidonia oceanica* se trouve profondément dégradée à proximité de la ville et des infrastructures industrielles, sa limite supérieure a nettement reculée suite au développement de la ville d'Oran.

D'autres facteurs ont également causé cette régression : l'utilisation des explosifs dans le cadre des activités de pêche, la température liée au rejet d'eau réchauffée entraîne une modification de la température de l'eau de mer. Ce phénomène a été observé au niveau de la centrale thermique d'Arzew (Ould Ahmed, 1994), où l'herbier a complètement disparu et qui a été remplacé par *Caulerpa prolifera*. Cependant, comme le chlore est également rejeté, il est difficile de savoir lequel de ces deux agents a entraîné la disparition de *Posidonia oceanica*. L'augmentation de la turbidité à Monta II – Port d'Oran, par les apports terrigènes, en sédiments fins ou en matière organique, constituent l'un des facteurs majeurs de la régression des herbiers. En effet, cette situation est largement observée sur l'infralittoral Oranais et dans d'autres régions où la limite inférieure remonte et où l'importance des apports en nutriments et en matières organiques est importante du fait du rejet d'eaux usées non traitées.

A l'Est, le contour de la baie d'Annaba est jonché de posidonie, mais soumis à une pollution directe par les rejets d'agglomérations, la turbidité des eaux, présence de complexes touristiques et par les barques à moteur qui ont pris cette plage pour port (Mammeria, 2006). Le golfe reçoit également les eaux douces par le biais de deux oueds: la Mafrag à l'Est et la Seybouse au Sud-Est. Ces oueds transportent des eaux riches en matières minérales et organiques de différentes origines terrigènes, agricoles, domestiques et industrielles (Khélifi-Touhami et al., 2006; Ounissi, 2007).

L'aire marine protégée de Jijel se caractérise par un herbier ayant une bonne vitalité, elle est inscrite dans le cadre de la conservation de la biodiversité marine et côtière et du développement des réseaux des aires marines protégées (AMP).

L'herbier d'El Kala se développe sur chaque coté la crique de Veille Calle, tandis que la partie centrale de la crique est occupée par du sable correspondant ainsi à un type d'érosion particulier de l'herbier décrite par (Blanc, 1958 ; Boudouresque et Meinesz, 1982) sous le nom de « rivière de retour ». Au niveau du Lac Mellah plus au large, il occupe des surfaces importantes (Pergent, 1993).

### III.2 Descripteurs de l'herbier à *Posidonia oceanica*

*Posidonia oceanica* est utilisée en routine pour l'évaluation de l'état de santé du milieu marin, par la mise en œuvre de différents descripteurs qui permettent d'accéder à différentes échelles d'information sur la vitalité des herbiers. L'étude bibliographique menée dans le cadre de ce mémoire a permis de reporter les différents descripteurs de l'herbier utilisés dans les travaux scientifiques du littoral algérien dans les tableaux suivants (7, 8 et 9).

Tableau 7: Synthèse des descripteurs étudiés à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie

Site	Densité	Recouvrement	Biométrie foliaire	Biomasse foliaire	Lépidochromologie	Production primaire	Granulométrie	Teneurs phénols	Contamination	Auteur et année
AK										Guerrah et Nour (2008)
										Boudefoua (2011)
										Bamahammed et Naimi (2012)
										Misraoui et Sengouga (2011)
										Boumaza (2015)
BM										Amarouche (2005)
										Bengrine et Galmami (2007)
										Khazimi (2010)
										Boudefoua (2011)
										Misraoui et Sengouga (2011)
										Harzallah et Zeriat (2015)
										Boumaza (2015)
										Boudjamel et Boughella (2010)
SF										Termoul (2010)
										Mezali (1998)
										Lamouti (2006)
										Boutarene et Ghanem (2010)
										Boughanem et Nait Tayab (2012)
										Boudjamel et Boughella (2010)
										Termoul (2010)
DJ									Boudaa (2013)	
AG									Ferhi et Ghiboub (2001)	
AB									Misraoui et Sengouga (2011)	
CH										
SB										
KH										
MG										
AP									Guendouzi (2011)	
RH										

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : El Djamila, AG : Ile Agueli, AB : Ain Benian, CH : El Hamouche, SB : Saint Bérard, KH : Khemisti, MG : La Madrague, AP : Alger Plage, RH : Rais Hamidou.

Tableau 8: Synthèse des descripteurs étudiés à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie

Site	Densité	Recouvrement	Biométrie foliaire	Biomasse foliaire	Lépidochronologie	Production primaire	Granulométrie	Teneurs phénols	Contamination	Auteur et année
SL										Boudjella (2015)
ST										Belbachir (2012)
HDJ										
IR										Bouiadja (2014)
CC										Housseine (2014)
										Boudjella (2015)
										Chahrour et al. (2014)
AF										Boudjella (2015)
										Chahrour et al. (2014)
										Housseine (2014)
PP										
AZ										
KR										
PO										
CF										
PS										
AT										
IP										
MA										
CB									Khodja (2013)	

SL : Sidi Lakhder, ST : Stidia, HDJ: El Hadjadj, IR: Ile Rechgoune, CC: Cap Carbon, AF: Ain Franin, PP: Port aux Poules, AZ : Arzew, KR : Kristel, PO : Port d'Oran, CF : Cap Falcon, PS : Pain sucre, AT : Ain Türk, IP : Ile Plane, MA : Madagh, CB : Cap Blanc.

Tableau 9: Synthèse des descripteurs étudiés à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie

Site	Densité	Recouvrement	Biométrie foliaire	Biomasse foliaire	Lépidochronologie	Production primaire	Granulométrie	Teneurs phénols	Contamination	Auteur et année
BA										Menail et Abdelli (2007)
GA										Mammeria (2006)
TA										Hamimeche (2015)
VC										Pergent et al. (1993)
LM										
ZM										
AO										Ain baziz et Sakher(2010)
AN										

BA : baie d'Annaba ; GA : golfe d'Annaba ; TA : Taza ; VC : Veille Calle ; LM : Lac Mellah ; ZM : Ziama mansouria ; AO : El Aouana ; AN : l'île Andru.

L'analyse des travaux sur l'herbier à *Posidonia oceanica* le long de la côte algérienne, montre que les descripteurs les plus utilisés sont : «Densité», «Recouvrement» et «Biométrie foliaire», qui fournissent des informations au niveau de la population. Pour ces descripteurs, il existe des protocoles standardisés qui exigent des échantillonnages biologiques, considérées moins destructrices pour la nature même (Pergent, 2005). Le descripteur «biomasse foliaire» est aussi communément utilisé en raison de sa simplicité d'application et peu couteux mais qui reste une technique qui est affectée par le changement saisonnier (Pergent, 2005). Peu d'auteurs utilisent le descripteur «Teneurs en phénols», le constat est le meme pour les descripteurs «Granulométrie» et «Contamination» ces trois descripteurs ont concerné le centre de l'Algérie plus particulièrement la baie de BouIsmaïl et l'anse de Kouali et un a Mostaganem .

Quant a la production primaire, ce descripteur est utilisé dans les travaux de Boumaza (1995), Semroud (1993) et Chahrour (2013).cette méthode reste sous-estimée vu la difficulté d'obtenir des feuilles adultes entieres (effectifs réduit).

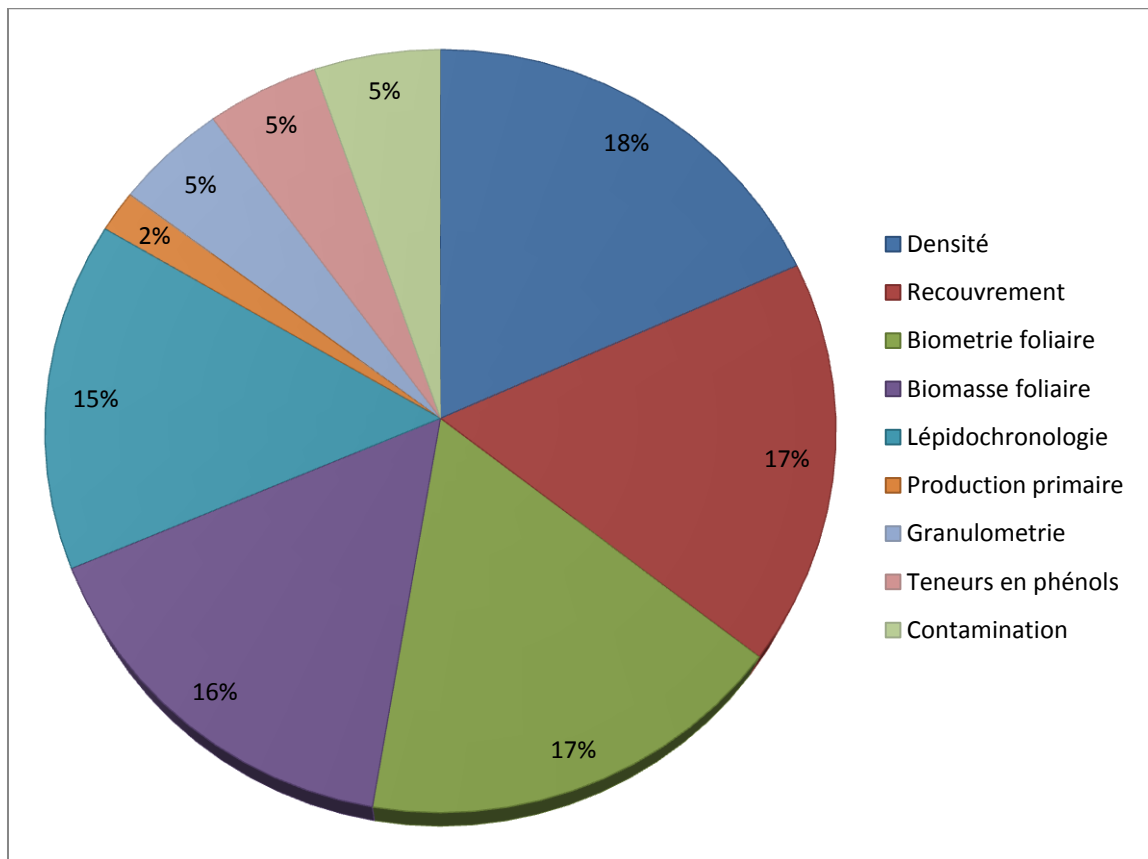


Figure 13 : Descripteurs de *P. oceanica* étudiés dans l'ensemble des travaux réalisés en Algérie.

III.3 Densité et recouvrement

La densité, exprimée en nombre de faisceaux de *Posidonia oceanica* par m<sup>2</sup>, est un paramètre qui traduit la vitalité de *Posidonia oceanica* et peut s'avérer révélatrice de l'impact de l'homme sur le milieu (Pergent-Martini et al., 2005).

Il apparait clairement que les valeurs de densité et de recouvrement présentent des différences importantes en fonction du site (tableaux 6,7 et 8), ces résultats nous ont permis de classer les herbiers de la côte algérienne selon la classification de Giraud (1977) et de Pergent et al. (1995) qui intègre la profondeur (tableaux 9 et 10).

Tableau 10 : Densités moyennes (faisceaux /m<sup>2</sup>) des herbiers à *Posidonia oceanica* du secteur centre de la côte algérienne

Wilaya	Site	Coordonnées géographiques	Profondeur (m)	Densité (faisceau/m <sup>2</sup> )	Recouvrement (%)	Références
Tipaza	AK	36° 35.677' N 02° 29.707' E	18.8	165	30	Guerrah et Nour (2008)
		/	20	252,1 ± 43,7	/	Boudefoua (2011)
		/	/	736.2± 24.2	58.1	Bamahammed et naimi (2012)
		36°35.6774N ,02°29.707 <sup>E</sup>	15	170,25±60,5	/	Misraoui et Sengouga (2011)
		36° 39' 25.8"N et 2° 41' 7.2"E	20	252 ±77	44 ± 23	Boumaza (2015)
	Bsm	36°39.431'N, 02°41.120'E	/	200	15	Bengrine et Galmami (2007)
		36° 39.431' N et 2° 41.120' E	/	150	49.2	Khazimi (2010)
		/	20	222,8±20,4	/	Boudefoua (2011)
		36° 38' 48.7" N et 2° 40' 50.1"	20	223 ± 36	44±23	Boumaza (2015)
		36° 38' 51.6" N et 2° 40' 50.1" E	4.8	146±19.1	55	Harzallah et Zeriat (2015)
		36°39.250' N, 02°41.161'E	15	200±34.48	60	Misraoui et Sengouga (2011)
Sd		36°39.609'N, 02°42.070'E	15	203.75±31.34	60	
Tnc	36°39.363'N, 02°41.529'E	15	193.75±52.74	50		
Alger	Dj	36° 47' 741" N, 2° 53' 608" E	8.1	460 ± 90	33.8	Ferhi et Ghiboub (2001)
	SF	/	3	467.28 ± 93.91	/	Mezali (1998)
		/	/	/	/	Lamouti (2006)
		/	2.3	/	15.74	Boutarene et Ghanem 2010
		36° 45.519' N, 2° 50.339' E	3.7	503.1 ± 137.0	/	Boughanem et Nait Tayab (2012)
		/	6	376.25±50.15	30	Misraoui et Sengouga (2011)
		2.84422N, 36.75325 <sup>E</sup>	2.2	275	55	Boudaa (2013)
	AG	36° 47.527' N et 3° 21.252' E	15	157,5 ±41.01	80	Misraoui et Sengouga (2011)
	AB	36° 48' 553" N et 2° 55' 195" E	15	173.125± 39.21	40	
	CH	36°38'33" N et 2°41'24" E	15	167.5±53.26	20	
	SB	36°36.977 N et 2°37.489' E	15	173.75 65.07	100	
	KH	36°38597' N et 2°40.098' E	15	151.25±47.48	30	
	MG	36°48.035' N et 2°53.428' E	15	128.75±33.61	10	
	Pr	36°48.293'N et 03°13.907'E	3	171.251±28.13	<5	
JB	36°48.789'N et 03°15.433'E	10	258.75±73.43	20		

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : El Djamila, AG : Ile Agueli, AB : Ain Benian, CH : El Hamouche, SB : Saint Bérard, KH : Khemisti, MG : La Madrague, Pr : la Pérouse, JB : El marsa

Tableau 11: Densités moyennes (faisceaux /m<sup>2</sup>) des herbiers à *Posidonia oceanica* du secteur Ouest de la côte algérienne

Wilaya	Site	Coordonnées géographiques	Profondeur (m)	Densité (faisceau/m <sup>2</sup> )	Recouvrement (%)	Références
Mostaganem	SL	36° 12' 40.63 N et 0° 23' 20.78 E.	1-2	1054.83± 116.75	83.33	Boudjella (2015)
	ST 1	35° 49' N / 0° 01' O	1.5	181.4±75.40	/	Belbachir (2012)
	ST 2		3	350.8±188.57	/	
	HDJ 1	36° 08' N / 1° 80' E	0.7	505.6±316.98	/	
	HDJ 2			193.6±59.13	/	
	HDJ 3			379.2±157.5	/	
Oran	IR	35° 19' 18" N, 1° 28' 49" E	17-18	102 ± 7	35	Bouiadja (2014)
	CC	35°54'5".43 N , 0°20'21".39 O	2-3	827.70±81.09	80	Boudjella (2015)
		35° 54' 6.36 N, 0° 20' 20.22 W	10	350 ± 50, 39	73.33	Chahrour et al. (2014)
	AF	35° 46' 49.78" N , 0° 31' 01.51" W.	10	403 ± 47,44	70	Chahrour et al. (2014)
		35° 46' 18".97 N et 0° 1' 28".71 O.	1-2	956.64±122.79	75	Boudjella (2015)
CB5	35°41'3" N et 1°2'35" E.	5	807± 50,89	38	Khodja (2013)	

Tableau 12 : Densités moyennes (faisceaux /m<sup>2</sup>) des herbiers à *Posidonia oceanica* du secteur Est de la côte algérienne.

Wilaya	Site	Coordonnées géographiques	Profondeur (m)	Densité (faisceau/m <sup>2</sup> )	Recouvrement(%)	Références
Annaba	BA	36° 53' et 36° 59' N, 7° 45' et 7° 48' E	15	/	/	Menail et Abdeli (2007)
	GA : Caroube	/	0.5-2	255,1±34,93	/	Mammeria(2006)
	GA : Club de la mer	/		197,4±14,87	/	
Jijel	Grand phare	36°49'0.05"N, 5°41'17.00"E	3-12	402	/	Hamimeche (2015)
	Bord Blida	36°46'59.52"N, 5°37'48.46"E	3-12	456	/	
	Chalates	36°46'59.52"N, 5°37'48.46"E	3-12	350	/	
	El Aouana	36°47'1.98"N, 5°36'29.73"E	3-12	512	/	
	Grande ile d'El Aouana			818±174	70	Ainbaziz et Sakher (2010)
El Kala	VC	/	0-10	/	/	Pergent et al, (1993)
	LM	/		/	/	

BA : baie d'Annaba ; GA : golfe d'Annaba ; VC : Veille Calle ; LM : Lac Mellah.

### III.3.1 Classification des herbiers de Posidonies

Selon la classification de Giraud (1977), 15 stations dans l'ensemble des herbiers de la côte algérienne sont classés « Herbière très clairsemée », 8 stations qualifiées d'« Herbiers denses ». Quatre herbiers qualifiés de « Herbiers très denses » et quatre d'autres qualifiés de « clairsemés » et seuls deux herbiers ont été qualifiés de « Semi-herbiers » (tableau suivant).

Tableau 13 : Classification des herbiers de posidonie selon la grille de Giraud (1977)

		Types d'herbiers		
Très dense	Dense	Clairsemé	Très clairsemé	Semi herbier
Sidi lakhder	Sidi Fredj	Stidia 2	Anse de Kouali	La madrague
Ain Franin	El Djamila	El Hadjadj 3	Bou Ismail	Ile Rechgoune
Cap blanc	El Hadjadj	Cap carbon	Bou Ismail (sd)	
Cap carbon	Ain Franin	Chalates	Bou Ismail (tnc)	
	Cap blanc		Ile Agueli	
	Grand phare		Ain Benian	
	Bord Blida		Plage Chenoua	
	El Aouana		Saint berrard	
			Khemisti	
			El marsa	
			La Pérouse	
			Stidia 1	
			El Hadjadj 2	
			La caroube	
			Club de la mer	

(Sd) : station de dessalement, (Tnc) : Société Tonic.

Quant à la classification de Pergent et al. (1995) intégrant la profondeur, elle distingue 8 stations qui présentent une « densité normale », 12 d'une « densité anormale », 9 qualifiés de « subnormale inférieure » et seulement deux de type « subnormale supérieure »

Tableau 14 : Classification des herbiers a Posidonie selon la grille de Pergent et al. (1995)

Types de densité			
Anormale	Subnormale inférieure	Normale	Subnormale supérieure
Sidi Fredj	Bou Ismail (sd)	Anse de Kouali	Sidi lakhder
El Marsa	Bou Ismail (tnc)	Bou Ismail	Cap blanc 5
La Madrague	Ile Agueli	El Djamila	
Stidia 1	Ain Benian	Cap Carbon	
Stidia 2	Chenoua	Ain Franin	
El Hadjadj 1	Saint berrard	Cap blanc 10	
El Hadjadj 2	Khemisti	Bord Blida	
El Hadjadj 3	La Pérouse	El Aouana	
La Caroube	Ile Rachgoune		
Club de la mer			
Grand Phare			
Chalates			

En effet ces variations de densités pourraient résulter de nombreux facteurs endogènes (structure de l'herbier, nature du substrat) ou exogènes (turbidité, pollution, hydrodynamisme), ces paramètres sont directement liés à la lumière et la transparence des eaux ; ils diminuent lorsque la turbidité et/ou la profondeur augmente en raison de la baisse de l'intensité lumineuse (Pergent et al., 1995) . De plus, un apport relativement important en nutriments (notamment éléments azotés et phosphatés) se traduit par un effet négatif sur la croissance de *Posidonia oceanica* pouvant entraîner la mort des faisceaux foliaires.

À titre d'exemple, l'herbier de la station la Madrague qualifié de « semi herbier » et d'une densité « anormale », est installé sur un substrat meuble et cela pourrait être en raison de la faible valeur enregistrée (Misraoui et Sengouga, 2012). Selon (Giraud 1977), Cristani (1980) et Semroud (1993) qui ont démontré que l'herbier installé sur substrat dur pourrait être de densité supérieure à celui installé sur un substrat meuble. D'autre part, de nombreuses nuisances caractérisent cette : extension du port, aménagement d'une plage artificielle, et construction d'un parking sur la mer et cela depuis 2004.

La proximité de l'embouchure de l'Oued de Tafna au niveau l'île Rachgoune peut expliquer la forte turbidité dans de la zone (PNUE/PAM-CAR/ASP, 2016) et par conséquent les faibles valeurs de densité observées (semi herbier et densité subnormale inférieure). Aussi les différentes sources de pollution au niveau de cette station peuvent également causer la diminution de la densité (Misraoui et Sengouga, 2011).

Les herbiers qualifiés de « très clairsemés » sont d'une densité subnormale inférieure qui est l'expression d'une réduction de la vitalité des herbiers (diminution de la densité, ralentissement de la croissance, contamination). La principale cause de cette régression est l'activité humaine. Ce qui est le cas pour l'herbier de la station de Bou Ismaïl qui reçoit des quantités non négligeables d'éléments azotés et phosphatés véhiculés par les eaux de ruissellement agricoles, dont l'origine est liée à l'utilisation d'engrais fertilisants (Amarouche, 2015). Ainsi pour les herbiers de l'île Agueli, Chenoua, Saint berrard et Ain Benian, qui sont également menacés par les eaux usées des activités d'agriculture intensives concentrée sur la frange littorale (Misraoui et Sengouga, 2012).

Les herbiers qualifiés de « clairsemés » sont d'une densité « anormale » du fait qu'ils se trouvent sous l'influence d'importants rejets urbains et industriels. En effet, les zones de Hadjadj et de Stidia sont des zones agricoles par excellence, ce qui explique les faibles densités obtenues dans ces deux sites, de plus Belbachir (2012) signale qu'un fort hydrodynamisme règne dans la région de Hadjadj qui empêche l'installation d'un bon herbier. En outre l'herbier de la station Cap Carbon est d'une densité « normale », selon les données fournis par Chahrour (2013), se localise à proximité de la zone industrielle de la ville d'Arzew et donc soumis à une importante anthropisation.

Les herbiers considérés « denses » et « très denses » témoignent d'une vitalité satisfaisante malgré que ses herbiers soient influencés par de nombreuses sources de pollutions.

#### III.4 Nombre de feuilles

Las variations des proportions de types de feuilles constituant les faisceaux varient selon la saison, cela est signalé par plusieurs auteurs (Molinier et Zevaco, 1962 ; Mazzella et Ott, 1984 ; Pergent, 1987; Caye, 1989 ; Romero, 1989 ; Alcoverro et al., 1995 ; Dumay et al., 2002 ; Guidetti et al., 2002, Blegacem et al., 2007 ; Chahrour 2013 ; Boumaza, 1995, 2015).

Le nombre de feuilles adultes ne varient pas beaucoup au cours de l'année, il est faible en hiver et important en printemps- été. Cette disparité est liée au rythme de chute des feuilles, ce dernier est influencé par des facteurs externes à savoir l'hydrodynamisme. En effet les feuilles adultes persistent plus longtemps sur les rhizomes durant l'été car l'hydrodynamisme est faible durant cette période. C'est avec les premières tempêtes automnales que la chute des feuilles adultes est amorcée et, en hiver, les valeurs les plus faibles sont enregistrées, car l'arrachage des feuilles adultes se poursuit de manière régulière.

Quant au nombre de feuilles intermédiaires, il reste relativement faible par rapport au nombre de feuilles adultes quelque soit le site et la période d'étude, il est maximum en hiver, minimum en fin d'été début d'automne. Cette tendance des variations saisonnières est observée dans tous les travaux consultés dans le cadre de ce mémoire.

Quoiqu'il en soit, les valeurs du nombre de feuilles adultes et intermédiaires par faisceau obtenues sont similaires dans toutes les stations (tableau 15) et sont du même ordre que celles rapportées pour différents sites de Méditerranée (Rico-Raimondino, 1995 ; Silvestri, 1993 ; Capiomont, 2000 ; Bay, 1984 ; Gobert, 2002 ; Belgacem et al., 2007 ; ksontini et al., 2007)

A l'exception de quelques stations (Sidi Fredj, Cap Blanc et Bou Ismail près de la station de dessalement) ou le nombre de feuilles adultes est relativement plus faible par rapport aux autres sites qui sont sans doute le reflet de l'influence d'un ou de la combinaison de plusieurs facteurs sur le rythme de formation et de chute des feuilles. Misraoui et Sengouga (2012) reportent que les saumures rejetés directement à proximité de la côte par la station de dessalement de Bou Ismail sont en raison de la diminution du nombre de feuilles de l'herbier de cette station. En effet de nombreuses études portant sur l'impact négatif de saumures rejetées par les stations de dessalement dans l'eau de mer sur les herbiers à *Posidonia oceanica*, montrent une diminution de la vitalité de l'herbier qui se traduit par l'augmentation du taux de chute des feuilles et une sénescence prématuré dans leurs tissus ( Lattore, 2005 ; Sanchez-Lizaso et al., 2008 ; Roberts et al., 2010).

Tableau 15 : Nombre de feuilles des herbiers à *Posidonia oceanica* relevés dans la littérature dans la cote algérienne

Wilaya	Station	Nombre de feuilles adultes		Nombre de feuilles intermédiaires		Références				
<b>Centre</b>										
Tipaza	AK	max	min	Max	min					
		3.3 ± 0.9		3.2 ± 0.7		Guerrah et Nour (2008)				
		4,2 ± 0,2	3,1 ± 0,2	4,3 ± 0,2	2,6 ± 0,2	Boudefoua (2011)				
		3.75±0.55		2.55±0.68		Misraoui et Sengouga (2011)				
		2.6±0.6		1.8±0.5		Bamahammed et naimi (2012)				
	Bsm	4.1± 0.8		3.8± 0.9		3.5± 0.9		3.2± 0.9		Boumaza (2015)
		4.4±0.4		2.6±0.01		Bengrine et Galmami (2002)				
		3.3±0.7		2.6±0.7		Bengrine et Galmami (2007)				
		3.3±0.7		2.6±0.7		Khazimi (2007)				
		4.4±0.8		2..7±0.4		Khazimi (2010)				
		4,5 ± 0,2		2,8 ± 0,2		4,1 ± 0,6		2,7 ± 0,3		Boudefoua (2011)
		3.7± 0.9		3.5± 0.9		3.5± 0.7		3.3± 0.8		Boumaza (2015)
		3.1±0.6		3.1±0.6		Harzallah et Zeriat (2015)				
	3.75±0.63		1.9±0.44		Misraoui et Sengouga (2011)					
Bsm (sd)	3.1±0.71		1.95±0.6							
Bsm tnc	3.45±0.6		2±0.45							
Alger	Dj	3.4±0.9		2.7±0.6		Ferhi et Ghiboub (2001)				
	SF	2.2±0.7		2.9±0.5		Boughanem et Nait Tayab (2012)				
		3.45±0.5		2.1±0.44		Misraoui et Sengouga (2011)				
		2.3 ± 1		1.4 ± 0.8		Boudaa(2013)				
	AG	4.35±0.58		2.5±0.68		Misraoui et Sengouga (2011)				
	AB	4.2±0.69		2.35±0.58						
	CH	3.8±0.69		2.6±0.50						
	SB	3.5± 0.60		2.05±0.68						
	KH	3.9±0.44		2.05±0.39						
	MG	3.65±0.67		2.55±0.51						
Pr	3.8±0.5		2.5±0.51							
JB	3.8±0.6		2.7±0.47							
<b>Ouest</b>										
Mostaganem	SL	3.60±0.24	2.25±0.14	3.65±0.18	1.80±0.14	Boudjella (2015)				
	ST1	3.9 ± 0.88	2.2 ± 0.42	2.9 ± 0.88	1.3 ± 0.82	Belbachir (2012)				
	ST2	4.6 ± 0.52	3.0 ± 1.25	2.9 ± 0.99	1.5 ± 0.71					
	HDJ 1	4.5 ± 0.53	3.4 ± 0.70	2.6 ± 0.84	1.2 ± 0.63					
	HDJ 2	4.1 ± 0.57	3.0 ± 0.67	4.0 ± 0.67	1.7 ± 0.48					
	HDJ 3	4.1 ± 0.57	3.2 ± 0.92	4.3 ± 0.95	1.6 ± 0.70					
Oran	CC	3.65±0.17	2.85±0.13	3.20±0.20	1.65±0.17	Boudjella (2015)				
		4±0.73	2.20±0.48	3.17±0.52	1.23±0.42	Chahrour et al.(2014)				
	AF	3.50±0.50	2.47±0.50	3.30±0.64	1.17±0.73	Chahrour et al. (2014)				
		3.40±0.22	2.40±0.75	3.10±0.24	1.75±0.16	Boudjella (2015)				
	CB5	2.39		2.52		Khodja (2013)				
CB10	2.38		2.75							
<b>Est</b>										
Annaba	Caroube	3.4±0.821		2±0.725		Mammeria (2006)				
	Club de la mer	2.95±0.605		1.7±0.47						
El Kala	Veille calle	3.6		2		Pergent et al. (1993)				

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : El Djamilia, AG : Ile Agueli, AB : Ain Benian, CH : El Hamouche, SB : Saint Bérard, KH : Khemisti, MG : La Madrague, Pr : la Pérouse, JB : El marsa, SL : Sidi Lakhder, ST : Stidia, HDJ: El Hadjadj, CC: Cap Carbon, AF: Ain Franin, CB : Cap Blanc

### III.5 Longueur et largeur des feuilles

#### III.5.1 La Longueur des feuilles

La longueur des feuilles adultes est toujours supérieure à celles des feuilles intermédiaires, sauf exceptionnellement au printemps où les feuilles intermédiaires sont supérieures aux adultes. On constate cette inversion dans la station de Bou Ismail et Sidi Fredj (tableau 14) et dans la baie d'Annaba (tableau 16).

En effet les feuilles adultes les plus longues sont mesurées en été et les plus courtes en hiver, ce schéma évolutif est rencontré dans tous les travaux consultés. Cependant les valeurs enregistrées diffèrent d'une manière importante d'une station à l'autre, les très faibles sont rencontrées à l'Est dans La Caroube (Mammeria, 2006) (tableau 13), et à Bou Ismail (Harzallah et Zeriat, 2015) (tableau 16) ce qui est peut-être dû à plusieurs facteurs comme la chute de feuilles, le coefficient A est élevé, l'abondance d'oursins et des rejets d'émissaires urbains. D'autre part, la station Pr : la Pérouse (tableau 11) est située à proximité d'un port ce qui pourrait être à l'origine de la diminution de la longueur des feuilles (Maggi et al., 1977 ; Pergent et al., 1988 ; Pergent-Martini et al., 1994).

Pour ce qui est des feuilles intermédiaires, les longueurs maximales sont rencontrées au printemps et les minimales en automne, ceci étant le schéma évolutif généralement enregistré en Méditerranée.

Comparées aux valeurs mesurées à l'Est et l'Ouest du littoral algérien, les longueurs des feuilles adultes et intermédiaires mesurées au secteur centre (à l'anse de Kouali, Bou Ismail, El Djamila, Saint berrard, Khemisti et El Marsa) sont plus élevées étant donné que ces zones sont considérées peu anthropisées par rapport aux autres.

#### III.5.2 Largeur des feuilles

La largeur des feuilles augmente à l'intérieur d'un faisceau avec le rang de celles-ci, c'est-à-dire que ce sont les feuilles les plus externes, donc les plus âgées, qui sont généralement les plus larges, et ce quelles que soient la station et la période de l'année. Les feuilles adultes sont donc toujours plus larges que les feuilles intermédiaires (Thelin et Giorgi, 1984 ; Pergent et Pergent-Martini, 1988, Chahrour, 2013 ; Khodja, 2013 ; Amarouche, 2015). Le maximum et le minimum de ce paramètre coïncident avec ceux de la longueur et du nombre de feuilles ; ces paramètres sont corrélés positivement entre eux (Wittmann, 1984 ; Ferrari, 2006).

Par contre des variations des largeurs moyennes (moyennes mensuelles) des feuilles adultes et intermédiaires apparaissent en fonction du site d'étude (Pergent et Pergent-Martini, 1988, Boumaza, 1995) et ne présente qu'une variation négligeable en fonction des saisons (Drew et Jupp, 1976 ; Bay, 1978 ; Ferrari, 2006). Selon la littérature la largeur des feuilles diminue lorsque :

- *Posidonia oceanica* est en situation de compétition avec d'autres macrophytes (*Caulerpa taxifolia*) (De Villèle & Verlaque, 1995 ; Wittmann, 1984 ; PNUE, 1999).
- La concentration du milieu en nutriments est diminuée (Pergent-Martini, 1994).
- À proximité des installations portuaires et les rejets d'un émissaire (Charbonnel et al, 1995).

Ce paramètre biométrique est considéré traditionnellement comme un des paramètres les plus stables de *Posidonia oceanica*. A ce titre, Wittmann (1984) le propose comme un intégrateur des conditions du milieu. Semroud et al. (1992) proposent ce paramètre comme un critère de différenciation d'une population à feuilles larges. Toutefois, les mesures relevées dans ce travail se situent dans l'intervalle donné par ces auteurs qui est compris entre 8 et 12 mm.

Notons que certaines valeurs demeurent inférieures à ceux mesurés par Semroud *et al.* (1992) à La Marsa (11.5 mm) et par Pergent-Martini (1994) dans le secteur de Cortiou (10.5 mm), au niveau de la station de Bou Ismail près de la société Tonic et Bou Ismail près de la station de dessalement, de la Madrague (tableau 16), à l'Ouest au niveau de la station d'El Hadjadj et Stidia (tableau 17) et à l'Est au niveau de Club de la mer (tableau 18).

Tableau 16 : Longueur et largeur (en mm) des feuilles des herbiers à *Posidonia oceanica* relevés dans la littérature pour la région Centre du littoral

Site	Long FA		Long Fl		Larg FA		Larg Fl		Références
	Max	min	max	min	max	min	max	min	
AK	628.8 ± 111.3		489.4 ± 89		11.4 ± 0.6		10.7 ± 0.5		Guerrah et Nour (2008)
	710.4±4	434.4±27	379.1±27	187,3±12.4	11.2±0.1	11.5±0.2	10.8±0.3	10.1±0.2	Boudefoua (2011)
	793.52±64.05		484.59±129.25		10.96±0.48		9.93±0.49		Misraoui et Sengouga (2011)
	272.8±70.3		225.7±114.9		9.24±0.6		8.7±0.8		Bamahammed et naimi (2012)
	576± 176	554±154	298±144	280± 199	11.2±0.7	11.2±0.7	10.4±0.6	10.4±0.6	Boumaza (2015)
Bsm	629.4±195.4		200.6±11.1		10.7±0.4		10.0±0.1		Bengrine et Galmami (2002)
	583.9±198.9		339.1±237		10.04±0.6		10.0±0.6		Bengrine et Galmami (2007)
	575.7±119.4		339.1±237.4		10.4±0.6		10.0±0.6		Khazimi (2007)
	724±104.5		322.5±94.1		10.5±0.5		10±0.7		Khazimi (2010)
	630.9±32	270.3±16	400.5±18	161.5±10.5	11.4±0.2	10.7±0.1	10.5± 0.1	9.9± 0.1	Boudefoua (2011)
	475±147	388±112	236±95	231±95	11.1±0.5	10.9±0.6	10.3±0.4	10.1±0.6	Boumaza (2015)
	198.2 ± 56.9		222.8 ± 55.9		9.5 ± 0.8		8.8 ± 0.9		Harzallah et Zeriat (2015)
	854.76±87.52		521.85±139.61		11±0.54		10.11±0.46		Misraoui et Sengouga (2011)
(sd)	692.70±127.41		431.66±170.54		9.97±0.55		9.17±0.64		
Tnc	851.86±154.15		380.93±144.30		9.79±0.54		9.15±0.14		
Dj	781.29±107.82		401.16±144.49		11.10±0.50		10.2±0.60		Ferhi et Ghiboub (2001)
SF	277.67±136.2		326.2±91.5		10.00±0.7		9.8±0.7		Boughanem et Nait Tayab (2012)
	396.24±92.16		226.58±6.81		10.13±0.45		9.72±0.43		Misraoui et Sengouga (2011)
	460.4 ± 112		270 ± 78		10.0 ± 0.5		10.1 ± 0.5		Boudaa(2013)
AG	642.27±107.22		340.05±88.02		11.62±0.68		10.50±0.56		Misraoui et Sengouga (2011)
AB	666.04±156.57		309.54±117.75		10.68±0.52		10.00±0.59		
CH	571.76±131.96		376.99±89.66		10.99±0.59		9.98±0.51		
SB	781.29±107.82		401.16±144.49		11.10±0.50		10.2±0.60		
KH	802.12±113.30		372.6±154.85		10.40±0.40		9.70±0.35		
MG	394.03±106.45		259.4±72.66		9.52±0.64		8.83±0.53		
Pr	288.80±57.72		153±49.04		10.20±0.81		9.56±0.73		
JB	722.33±136.39		327.09±103.02		10.83±0.73		9.86±0.60		

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : El Djamila, AG : Ile Agueli, AB : Ain Benian, CH : El Hamouche, SB : Saint Bérard, KH : Khemisti, MG : La Madrague, Pr : la Pérouse, JB : El marsa

Tableau 17 : Longueur et largeur (en mm) des feuilles des herbiers à *Posidonia oceanica* relevés dans la littérature pour la région Ouest du littoral

Site	Long FA		Long FI		Larg FA		Larg FI		Références
	Max	min	max	min	max	min	max	min	
SL	488,54 ± 80,25		430,58 ± 198,35		10,11	9,87			Boudjella (2015)
ss1	411.8±15.8	166.8±8.3	369.6±25.85	142.5±7.10	9.8 ±0.09	9.0 ± 0.08	9.3 ± 0.13	8.1±0.07	Belbachir (2012)
Ss2	499.4±14.5	205.8±9.09	379.9±18.19	182.4±10.7					
ss3	431.5±14.9	240.7±12.7	406.3±17.62	291.9±12.4	11.4±0.1	9.5 ± 0.08	10.1±0.08	9.0±0.11	
hs1	455.5±21.9	330.2±11.8	445.7±25.42	165.3±13.1	10±0.06	9.0 ± 0.07	9.9 ± 0.09	8.5±0.09	
hs2	559.7±19.2	277.8±8.3	455.8±18.01	169.2±9.79	9.9±0.07	8.9 ± 0.05	9.2 ± 0.06	8.1±0.08	
hs3	647.7±19.7	195.6±8.7	415.9±18.96	150.4±12.3	9.9±0.09	9.0 ± 0.06	9.8±0.09	8.5±0.07	
CC	336,15 ± 155,94		223,42 ± 62,64		10,10		9,70		Boudjella (2015)
	274.12±115.77		242.84±128.05		10.98		9.75		Chahrour (2014)
AF	288.89±141.19		261.26±132.54		10.59		9.47		Boudjella (2015)
	477,68 ± 127,08		386,37 ± 117,33		10,08		9,83		Khodja (2013)
CB5	329.79		213.06		10.56		9.6		
CB10	488.15		358.65		10.48		9.87		

SL : Sidi Lakhder, ST : Stidia, HDJ: El Hadjadj, IR: Ile Rechgoune, CC: Cap Carbon, AF: Ain Franin, CB : Cap Blanc.

Tableau 18 : Longueur et largeur des feuilles (en mm) des herbiers à *Posidonia oceanica* relevés dans la littérature pour la région EST du littoral

Site	Long FA		Long FI		Larg FA		Larg FI		Références
	Max	min	max	min	max	min	max	min	
CA	147,4±32	128±36,9	198 ±58	326,9±76,9	9.72±0.31	9.55±0.34	9.589±0.19	9.35±0.07	Mammeria (2006)
CM	235,8±46	137,5±35	347± 76	500 ± 130	8.98±0.55	8.25±0.92	8.89±0.53	8.125±0.7	
VC	97.7		92.5		10.5		9.9		Pergent (1993)

CA : Caroube, CM : Club de la mer, VC : Veille cale

### III.6 Surface foliaire

La surface foliaire constitue un paramètre synthétique de la physiologie de la plante (Silvestri, 1993). Elle intègre à la fois la longueur la largeur et le nombre de feuilles par faisceaux

Comme pour la longueur moyenne des feuilles de Posidonies, les surfaces foliaires moyennes des feuilles adultes, intermédiaires et globales par faisceau sont plus importantes en été qu'en hiver, Cette variation saisonnière est mise en évidence par Bay (1984) ; Romero- Martinengo (1985) ; Semroud (1993) ; ainsi que par Ferrat (2006). Ce dernier auteur a observé une forte corrélation entre la longueur des feuilles de *Posidonia oceanica* et leur surface foliaire.

Les valeurs minimales enregistrés de ce paramètres dans certaines stations (Bou Ismail, Sidi Fredj, la Pérouse, Cap Carbon, Ain Franin, la Caroube et Club de la mer) sont très logiques du moment que les longueurs moyennes des feuilles sont les plus faibles au niveau de ces stations.

De nombreux facteurs sont susceptibles de faire varier la surface foliaire des feuilles, la pression des herbivores et l'hydrodynamisme qui peut engendrer la perte des tissus foliaires,

les conditions physiques du milieu (température, lumière) (Vela, 2006), ou encore en réponse a un stress anthropique présent dans le milieu (Fernandez et Torquemanda et al, 2005).

Tableau 19 : Surfaces foliaire des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie

Site	Sur FA		Sur FI		Références
	max	min	max	min	
AK	238.9 ± 81.6		168.2 ± 52.7		Guerrah et Nour(2008)
	75,7 ± 5,7	49,9 ± 3,3	40,4 ± 3,1	20,5 ± 1,4	Boudefoua (2011)
	326.01±55.08		121.36±42.78		Misraoui et Sengouga (2011)
	24.74±4.53		19.3±7.6		Bamahammed et naimi (2012)
	265±90	242±100	113±67	101±57	Boumaza (2015)
Bsm	299.4±20.6		57.1±3.4		Bengrine et Galmami (2002)
	199.2±67.4		88.6±63.5		Bengrine et Galmami (2007)
	199.2±63.2		88.6±63.5		Khazimi (2007)
	335.2±80.7		88.3±29.6		Khazimi (2010)
	67,6 ± 3,5	30,2 ± 2,1	40,9 ± 1,9	18,4 ± 3,4	Boudefoua (2011)
	190±87	160±72	88±53	85±53	Boumaza (2015)
	61.1±21.2		64±27		Harzallah et Zeriat (2015)
	350.48±61.77		103.70±37.59		Misraoui et Sengouga (2011)
Sd	217.03±74.28		74.85±31.06		
Tnc	288.99±77.64		73.86±37.35		
Dj	192.2±60.8		65.2±22.3		Ferhi et Ghiboub (2001)
SF	64.4±14.4		93.9±10.1		Boughanem et Nait Tayab (2012)
	128.89±38.10		46.09±15.15		Misraoui et Sengouga (2011)
	179.4 ± 134.4		75.6 ± 31.2		Boudaa (2013)
AG	326.65±77.9		95.41±46.78		Misraoui et Sengouga (2011)
AB	293.7.63.52		75.41±38.42		
CH	245±2.19		97.42±29.20		
SB	306.12±72.90		86.11±42.66		
KH	325.02±60.08		75.14±33.33		
MG	139.53±53.01		59.2±21.65		
Pr	111.67±27.79		36.72±14.32		
JB	302.02±91.96		88.24±32.35		

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : El Djamila, AG : Ile Agueli, AB : Ain Benian, CH : El Hamouche, SB : Saint Bérard, KH : Khemisti, MG : La Madrague, Pr : la Pérouse, JB : El marsa.

Tableau 20: Surfaces foliaires des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie

Site	Sur FA		Sur FI		Références
	max	Min	max	min	
CA	309.9±198.8	284±19	315.8±58.8	129±63.3	Mammeria (2006)
CM	289.7±161.1	263.5±113.3	272.13±110	125.77±41.3	
VC	36.9		18.3		Pergent (1993)

CA : Caroube, CM : Club de la mer, VC : Veille cale

Tableau 21 : Surfaces foliaires des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie

Site	Sur FA (cm <sup>2</sup> )		Sur FI (cm <sup>2</sup> )		Références
	max	Min	max	min	
SL	54.18 ± 2.31	36.37 ± 2.31	67.15 ± 2.67	12.07 ± 1.14	
ss1	160.54 ± 66	36.52 ± 24.49	56.15 ± 32.80	22.31 ± 17.30	
Ss2	197.76 ± 62	63.89 ± 49.47	74.14 ± 35.81	36.50 ± 32.09	
ss3	195.35 ± 50	77.43 ± 36.09	86.21 ± 45.56	43.67 ± 25.66	
hs1	168.01 ± 38	88.35 ± 27.02	112.89 ± 30.9	23.63 ± 15.56	
hs2	257.52 ± 93	80.59 ± 28.19	110.28 ± 32.6	25.14 ± 20.02	
hs3	265.23 ± 59	49.53 ± 16.8	103.27 ± 22.5	53.98 ± 46.05	
CC	56.21 ± 10	19.69 ± 3.88	29.89 ± 7.35	15.64 ± 2.27	
	60.13 ± 5	14.77 ± 5.52	36.58 ± 4.42	7.03 ± 2.49	
AF	63.94 ± 9.42	12.93 ± 4.42	44.76 ± 16.15	8.36 ± 4.55	
	60 ± 10.19	31.27 ± 9.41	53.59 ± 10.99	25.38 ± 6.99	
CB5	34.51 ± 14.74		20.49 ± 13.28		
CB10	51.28 ± 12.79		35.58 ± 13.12		

SL : Sidi Lakhder, ST : Stidia, HDJ: El Hadjadj, IR: Ile Rechgoune, CC: Cap Carbon, AF: Ain Franin, , CB : Cap Blanc.

### III.7 Coefficient « A »

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). L'état des apex est déterminé par le «coefficient A » de Giraud (1977), qui correspond au pourcentage de feuilles ayant perdues leur apex.

De ce fait, le coefficient « A » observé dans les différentes stations est représentatif de la pression de broutage et de l'hydrodynamisme propre à chaque site et reflète sa pression locale. Néanmoins il est difficile de distinguer l'impact de l'hydrodynamisme de celui de la prédation (Silvestri, 1993).

Le coefficient « A » des feuilles intermédiaires est nettement plus faible que celui des feuilles adultes dans l'ensemble des stations ; ces dernières, sont, en effet plus jeunes et mieux protégées à l'intérieur des faisceaux de l'action des prédateurs du fait de leur position à l'intérieur du faisceau (Giraud, 1977 ; Biua et al., 1985 ; Pergent et Pergent-Martini, 1988 ; Rico et Pergent, 1990). En effet plusieurs auteurs ont reporté que l'origine de cette forte pression est peut être à relier à la présence sur le site de l'oursin *Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis* ainsi que la présence du poisson *Sarpa salpa* à Ain Benian, (Misraoui et Sengouga, 2012), Ain Franin et Cap Carbon (Chahrour et al., 2013) Cap blanc (Khodja, 2013), Sidi lakhder (Boudjella, 2012). la communauté épiphyte est considérable dans ces stations en été, du moment que les conditions environnementales (Luminosité et température) y sont très favorables (Alcoverro et al., 1997 ; Lepoint et al., 1999), Ce recouvrement est composé essentiellement de phéophycées dressées (*Gyrandia*, *Castagneae*) pour lesquelles *Sarpa salpa* montre une prédilection.

En plus du broutage, l'intense hydrodynamisme au niveau des sites étudiés (Stidia, Hadjadj, et Bou Ismail) a également contribué à obtenir ces importantes valeurs du coefficient A ; Eugene (1978) ; Mazzella et al., (1981) et Wittmann et al., (1981) estiment que l'action de l'hydrodynamisme augmente le taux du coefficient A.

Tableau 22 : Coefficient « A » des herbiers à *Posidonia oceanica* relevés dans la littérature pour la région Centre du littoral

Site	Coef A FA		Coef A FI		Références
	Max	min	max	Min	
AK	71.8 ± 28.0		20.8 ± 28.1		Guerrah et Nour(2008)
	88,1 ± 6,6	53,5 ± 8,7	10,9 ± 5,4	4,2 ± 2,9	Boudefoua (2011)
	79.66±6.39		9.16±1.11		Misraoui et Sengouga (2011)
	100		40.5		Bamahammed et naimi (2012)
	72±22	75±16	10±10	5±5	Boumaza (2015)
Bsm	34.8		/		Bengrine et Galmami (2002)
	84.7		11.7		Bengrine et Galmami (2007)
	83.7		15.4		Khazimi (2007)
	76.5		12.2		Khazimi (2010)
	76,2±9,1	42,9±10,2	14,8±7,7	9,1 ±5,1	Boudefoua (2011)
	88±10	58±15	22±18	10±7	Boumaza (2015)
	100		46		Harzallah et Zeriat (2015)
	62±8.50		27.5±1.72		Misraoui et Sengouga (2011)
Sd	84.58±4.38		30.83±2.80		
Tnc	65.16±9.57		16.66±1.68		
Dj	85.6		11.1		Ferhi et Ghiboub (2001)
SF	100		82.9		Boughanem et Nait Tayab (2012)
	98.75±5.59		15±24.12		Misraoui et Sengouga (2011)
	68.2		44.8		Boudaa (2013)
AG	78.58±5.99		12.5±2.19		Misraoui et Sengouga (2011)
AB	87±4.90		3.33±1.08		
CH	72.75±6.79		12.5±2.19		
SB	72.08±7.06		17.5±2.19		
KH	83.41±5.69		14.16±1.11		
MG	76.08±4.30		17.5±3.34		
Pr	94±13.43		39.16±32.11		
JB	78±23.42		14.16±26.08		

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : El Djamila, AG : Ile Aguelli, AB : Ain Benian, CH : El Hamouche, SB : Saint Bérard, KH : Khemisti, MG : La Madrague, AP : Alger Plage, RH : Rais Hamidou.

Tableau 23: Coefficient « A » des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie.

Site	Coef A FA		Coef A FI		Références
	Max	min	max	min	
SL	82.61	60	41.10	8.33	Boudjella (2015)
ss1	100	93.3 ± 8.65	70 ± 34.96)	(35 ± 32.16)	Belbachir (2012)
Ss2	100	90 ± 7.14	71.5 ± 26.20	(35 ± 33.75)	
ss3	100	95 ± 7.85	(76.6 ± 41.74)	(28.3 ± 25.29)	
hs1	100	86.6 ± 22	(35.1 ± 23.99)	(10 ± 9.05)	
hs2	100	82.4 ± 6.32	(55.8 ± 34.28)	(10 ± 9.85)	
hs3	97.5 ± 7	90.1 ± 10.75	(45.4 ± 22.53)	(16.6 ± 13.90)	
CC	81.03	61.64	45.65	9.68	Boudjella (2015)
	1.81±0.2	0.73±0.12	1.28±0.15	0.25±0.01	Chahrouh (2014)
AF	2.58±0.3	0.52±0.18	1.8±0.65	0.34±0.18	
	97.96	60	40	26.23	Boudjella (2015)
CB5	82.87		40.07		Khodja (2013)
CB10	81.57		29.27		

SL : Sidi Lakhder, ST : Stidia, HDJ: El Hadjadj, IR: Ile Rechgoune, CC: Cap Carbon, AF: Ain Franin., Cap Blanc

Tableau 24: Coefficient « A » des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie

Site	Coef A FA		Coef A FI		Références
	Max	min	max	Min	
CA	98.53	82.14	82.05	66.67	Mammeria (2006)
CM	90.19	76.32	73.33	47.06	
VC	100		25		Pergent (1993)

CA : Caroube, CM : Club de la mer, VC : Veille cale

### III.8 Indice Foliaire

L'indice foliaire des feuilles adultes et intermédiaires de *Posidonia oceanica* présente la même évolution mensuelle que la longueur des feuilles (tableau 25) ; Ferrari (2006) enregistre une forte corrélation entre eux. Pour toutes les deux catégories de feuilles de Posidonies, ce paramètre montre une différence entre les stations en fonction de la saison et du site. Davico et Matricardi (1995) mettent les variations saisonnières de l'indice foliaire de *Posidonia oceanica* en rapport avec la température de l'eau, puisque, en général, les moyennes les plus faibles sont observées en automne-hiver et les plus importantes au printemps-été.

Les résultats enregistrés sont du même ordre dans presque toutes les stations et sont tous inférieurs à 10 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. Exceptionnellement à Bou Ismail ou Bengrine et Galmami (2007) ont enregistrés la valeur la plus supérieure (tableau 25). En effet Mc Roy et Mc Millian (1973) estiment que l'indice foliaire de 20 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> est maximal pour les phanérogames marines.

Toutefois, l'expérience de certains auteurs suggère la substitution de l'indice foliaire ou Leaf Area Index (LAI), paramètre trop intégré, par la superficie foliaire, plus explicite (Projet Interreg IIIB «POSIDONIA», 2007).

Tableau 25 : Indice Foliaire des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies de la côte algérienne

Wilaya	Station	Ind FA		Ind FI		Références
<b>Centre</b>						
Tipaza		max	min	max	Min	
	AK	1.8±0.3		1.4±0.5		Bamahammed et naimi (2012)
	Bsm	/		/		Bengrine et Galmami (2002)
		16.8±11.1		5.5±3.6		Bengrine et Galmami (2007)
		4.4±1.4		2±0.8		Khazimi (2007)
		5.4±1.3		1.4±0.5		Khazimi (2010)
		6.2 ± 2.2		2.3 ± 0.4		Boudaa (2013)
SF	3.2±0.7		4.7±0.5		Boughanem et Nait Tayab (2012)	
<b>Ouest</b>						
Mostaganem	SL	6.17 ±0.26	4.05 ±0.24	7.08 ±0.3	1.27 ±0.12	Boudjella (2015)
	SS1	(2.91 ± 1.20)	(0.66 ± 0.44)	(1.02 ± 0.59)	(0.40 ± 0.31)	Belbachir (2012)
	SS2	/	/	/	/	
	HS3	/	/	/	/	
	HS2	(8.49 ± 1.92)	(4.47 ± 1.37)	(5.71 ± 1.57)	(1.19 ± 0.79)	
	HS3	(4.99 ± 1.81)	(1.56 ± 0.55)	(2.14 ± 0.63)	(0.49 ± 0.39)	
Oran	CC					Boudjella (2015)
		1.81±0.27	0.73±0.12	1.28±0.15	0.25±0.09	Chahrour et al. (2014)
	AF	12.58±0.38	0.52±0.18	1.80±0.65	0.34±0.18	Boudjella (2015)
		CB5	2.78±0.59		1.65±0.48	
CB10	2.65±0.45		1.81±0.46			
<b>Est</b>						
Annaba	Caroube	7.88±0.79		7.11±1.41		Mammeria (2006)
	Club de la mer	5.72±0.96		5.2±0.93		
El Kala	Veille cale	/		/		Pergent et al. (1993)

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : SL : Sidi Lakhder, ST : Stidia, HDJ: El Hadjadj, , CC: Cap Carbon, AF: Ain Franin, , CB : Cap Blanc. .

### III.9 Paramètres lépidochronologiques

Les trois paramètres lépidochronologiques pris en compte sont :

- Le nombre d'écailles par cycle ou anciennes bases foliaires, qui traduit la période du cycle d'épaisseur des écailles. Il correspond au nombre de feuilles produites annuellement ;
- La croissance des rhizomes qui caractérisent la phase d'expansion d'un herbier à travers laquelle est déduite la vitesse de croissance annuelle (Pergent et Pergent-Martini, 1990)
- La production des rhizomes.

#### III.9.1 Nombre d'écailles par cycle

Le nombre d'écailles par cycle, qui traduit la période du cycle d'épaisseur des écailles (Pergent, 1987; Pergent, 1990; Pergent-Martini, 1994), correspond au nombre de feuilles (limbes) tombées en une année (cycles annuels). Il est ainsi possible de déterminer le nombre de feuilles tombées au cours de chaque année lépidochronologique.

Le nombre moyen de feuilles produites annuellement ne montre pas de grandes différences entre les sites étudiés et sont homogènes, les valeurs sont entre  $(6.60 \pm 0.92)$  à Cap Blanc (Khodja, 2013) et  $(10.77 \pm 1.09)$  niveau de l'île Agueli (Misraoui et Sengouga, 2011).

En général, le nombre moyen d'écailles par cycle se situe entre 6.2 et 9.8 écailles par an (Pergent-Martini *et al.*, 1999), toutefois celui-ci peut tout aussi bien se situer entre 4 et 11 (Pergent-Martini et Pergent, 1995). Ces variations interannuelles pourraient être liées à des facteurs exogènes, tels que la lumière, l'hydrodynamisme et les changements de température d'année en année, ou encore à des facteurs endogènes (Pergent 1987 ; Pergent, 1990) tels que le nombre d'écailles qui peut être important au niveau des cycles où des restes de pédoncules floraux sont retrouvés. Ainsi le nombre d'écaille important enregistré au niveau de la station de l'île Agueli pourrait être en rapport avec le fort hydrodynamisme qui caractérise le site (Misraoui et Sengouga, 2011).

#### III.9.2 Croissance des rhizomes ( $\text{mm} \cdot \text{cycle}^{-1}$ )

La croissance horizontale des rhizomes plagiotropes caractérise la phase d'expansion d'un herbier, lui permettant ainsi de solidement s'ancrer au substrat; la croissance verticale des rhizomes orthotropes, par contre, contraste l'ensablement progressif dû à la continue sédimentation. Pour les rhizomes comportant un grand nombre de cycles, la longueur des tronçons de rhizomes, correspondant à la zone d'insertion des écailles de chaque cycle est mesurée (Pergent, 1987 ; Pergent et Pergent-Martini, 1990 ; Pergent- Martini, 1994). Du fait de la périodicité des cycles, il est possible d'en déduire la vitesse de croissance du rhizome (Pergent, 1987 ; Pergent et Pergent-Martini, 1990 ; Pergent-Martini, 1994).

L'accroissement des rhizomes est un paramètre lié au taux de sédimentation et l'hydrodynamisme (Pergent ,10987) qu'à la dégradation ou au stress éventuel auquel est soumise la plante. En effet la réduction des apports sédimentaires entraîne un ralentissement de la croissance (Pergent-Martini, 1994, Boumaza, 1995).

En général, la vitesse de croissance moyenne d'un rhizome se situe entre 3.2 et 20.9 mm par an, et ce, en fonction de la profondeur et de la localité (Pergent et Pergent-Martini, 1993 ; Pergent Martini *et al.*, 1999). Les données relevées de la littérature dans ce travail sont entre (15.8mm/an  $\pm$  5.8) au niveau de la station d'El Djamila et (4.49 mm/an  $\pm$  1.15) à Chenoua. Les valeurs extrêmes traduisent d'une manière générale la dynamique sédimentologique au niveau des stations tandis que les faibles valeurs enregistrées à Chenoua sont expliquées par les faibles apports en sédiment à cause de l'extraction du sable de plage qui menace ce site (PAC, 2005).

### III.9.3 Production des rhizomes (mg. Cycle<sup>-1</sup>)

La production des rhizomes est en corrélation avec la vitesse de croissance, lorsque cette dernière augmente la production augmente et l'inverse est juste d'après (Pergent, 1987 ; Boumaza, 1995). Les résultats obtenus dans le tableau suivant montrent la même corrélation décrite par ces auteurs. Un rhizome dont la croissance est rapide aura une production importante ; de la même façon un rhizome qui présente une croissance ralentit, aura une production moins importante.

Tableau 26 : Paramètres lépidochronologique des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie

Site	Nombre d'écaillés par cycle		Croissance des rhizomes (mm.cycle <sup>-1</sup> )		Production des rhizomes (mg.cycle <sup>-1</sup> )		Références
	Max	min	max	min	max	Min	
AK	9.1 $\pm$ 1.6	8.8 $\pm$ 1.5	9 $\pm$ 3.6	5.5 $\pm$ 2.2	142.5 $\pm$ 66.9	68.5 $\pm$ 36.7	Boumaza (2015)
	9.37 $\pm$ 1.08		6.45 $\pm$ 1.54		95.71 $\pm$ 27.07		Misraoui et sengouga (2011)
	9.1 $\pm$ 0.8		5.5 $\pm$ 0.2		74.6 $\pm$ 3.5		Boudefoua et kada (2007)
Bsm	10 $\pm$ 1.50	8.6 $\pm$ 1.3	9 $\pm$ 3.2	7.5 $\pm$ 3.1	132.7 $\pm$ 75.9	108.1 $\pm$ 54.2	Boumaza (2015)
	Entre 6 et 12		6.9 $\pm$ 2.5		/		Bengrine et Galmami (2007)
	10.2 $\pm$ 2.5		8.2 $\pm$ 2.9		/		Khazimi (2010)
	9.21 $\pm$ 1.19		8.73 $\pm$ 2.88		155.85 $\pm$ 73.06		Misraoui et Sengouga (2011)
Sd	8.08 $\pm$ 1.35		5.26 $\pm$ 2.19		68.81 $\pm$ 57.39		
Tnc	8.76 $\pm$ 1.06		7.49 $\pm$ 1.91		108.35 $\pm$ 47.53		
Dj	8.3 $\pm$ 0.8		15.8 $\pm$ 5.8		/		Ferhi et Ghiboub (2001)
AG	10.77 $\pm$ 1.09		6.37 $\pm$ 1.68		117.16 $\pm$ 41.01		
AB	9.07 $\pm$ 1.02		6.16 $\pm$ 2.05		112.18 $\pm$ 50.26		
CH	8.87 $\pm$ 1.34		4.49 $\pm$ 1.15		60.63 $\pm$ 21.50		
SB	9.43 $\pm$ 1.34		5.95 $\pm$ 1.46		102.75 $\pm$ 33.68		
KH	10.14 $\pm$ 1.34		7.07 $\pm$ 2.69		107.59 $\pm$ 46.54		
MG	10.20 $\pm$ 1.61		6.82 $\pm$ 3.39		102.28 $\pm$ 91.10		

Tableau 27: Paramètres lépidochronologique des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie

Site	Nombre d'écaillés par cycle	Croissance des rhizomes (mm.cycle <sup>-1</sup> )	Production des rhizomes (mg.cycle <sup>-1</sup> )	Références
SL	7.62 $\pm$ 0.50	9.26 $\pm$ 0.89	/	Boudjella (2015)
CC	7.55 $\pm$ 0.59	8.70 $\pm$ 0.95	/	
	7.89	8.88	37.75	Chahrour (2013)
AF	8.52 $\pm$ 0.57	10.62 $\pm$ 0.81	/	Boudjella (2015)
	8.44	9.90	49.79	Chahrour (2013)
CB5	6.60 $\pm$ 0.92	12.71 $\pm$ 1.34	0.19	Khoudja (2013)
CB10	7.13 $\pm$ 1.06	12.85 $\pm$ 1.95	0.19	

Tableau 28 : Paramètres lépidochronologique des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies de l'Est de l'Algérie

Site	Nombre d'écailles par cycle	Croissance des rhizomes (mm.cycle <sup>-1</sup> )	Production des rhizomes (mg.cycle <sup>-1</sup> )	Références
VC	8.3	13.5	128.5	Pergent(1993)

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : El Djamila, AG : Ile Agueli, AB : Ain Benian, CH : El Hamouche, SB : Saint Bérard, KH : Khemisti, MG : La Madrague, SL : Sidi Lakhder, , CC: Cap Carbon, AF: Ain Franin,; VC : Veille Calle.

### III.10 Biomasse foliaire

La valeur de la biomasse moyenne des feuilles (adultes et intermédiaires) ainsi que celle de leur épiphytes est exprimée en mg/ Ps (Pois sec en mg)/ faisceau ou en g.Ps /m<sup>2</sup>.

#### III.10.1 Biomasse des feuilles

La biomasse des feuilles adultes est nettement supérieures a celles des feuilles intermédiaires, du faite qu'il existe une corrélation positive entre les biomasses foliaires et leurs surfaces foliaires (Misraoui et Sengouga, 2011). Les grands écarts notés entre les différentes stations pourraient être attribués à plusieurs facteurs :

- temporelles (saisonniers, annuelles, interannuelles) : maximale en été, minimale en hiver
- spatiales (horizontales et verticales) influencée par des facteurs abiotiques (nutriments, facteurs physiques,..) et biotiques (chaîne trophique, compétition,...) (Phillips et Menez, 1988).

D'une manière générale, l'hydrodynamisme joue un rôle prépondérant provoquant un remaniement continu du sédiment, induit une atténuation des rayons lumineux en profondeur et l'arrachement des feuilles de *Posidonia oceanica*, comme le souligne Mazella et Ott (1984). La biomasse maximale des feuilles adultes est observée en été dans toutes les stations, cela s'explique par le fait que les eaux sont plus calmes. Il y'a alors persistance des feuilles sénescents sur les rhizomes et la quantité de la lumière qui pénètre en profondeur est beaucoup plus importante. Comme le montre Bay (1984) dans la baie de Calvi. Les valeurs élevées de la biomasse foliaire s'observent toujours en été. En plus des paramètres écologiques (hydrodynamisme) des paramètres biologiques (l'arrêt de la croissance, le broutage par les herbivores, et l'épiphytisme) peuvent intervenir également dans la variation saisonnière de la biomasse des feuilles (Semroud, 1993).

En outre, il existe une corrélation positive entre la biomasse foliaire et la surface foliaire. Ainsi les valeurs minimales enregistrées au niveau de la Pérouse et la madrague sont logiques du moment que leur surfaces foliaires est minimales aussi et ce ci peuvent être attribué aux nuisances engendrées par les installations portuaires à proximité de ces stations.

### III.10.2 Biomasse des épiphytes

La biomasse des épiphytes est plus importante au niveau des feuilles adultes qu'au feuilles intermédiaires en raison de la position de ces dernières à l'intérieur du faisceau et donc sont moins recouvertes par les épiphytes (Alcoverro et al., 1997 ; Peirano et al., 2001).

Les valeurs élevées de la biomasse des épiphytes enregistrées dans le site de Bou Ismail, El Djamila, Sidi Fredj, Cap Carbon et Ain Franin peuvent être expliquées par l'enrichissement des eaux en nutriments qui 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). Cet enrichissement est le résultat de la présence de polluants domestiques ou industriels comme par exemple au niveau de Bou Ismail où il existe une vocation agricole et donc des rejets d'engrais riches en sels nutritifs (Amarouche, 2015),

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).

Tableau 29 : Biomasses des feuilles et des épiphytes des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie

	Bio FA	Bio FI	Bio EFA	Bio EFI	Unité	Auteur et année
AK	1.36±0.23	0.41±0.14	0.37±0.11	0.048±0.03	g/m <sup>2</sup>	Misraoui et Sengouga (2011)
	0.7±0.4	0.020±0.018	1.9±1.3	0.063±0.025	g/m <sup>2</sup>	Guerrah et Nour (2008)
	775±61.3	211.8±17.4	128.6±12.5	8.7±1.1	mg/f	Boudefoua et Kada (2007)
Bsm	509.6±53.8	207.2±26.62	74.2±13.9	19.8±11.8	mg/f	Boudefoua et Kada (2007)
	1.64±0.42	0.36±0.13	0.23±0.10	0.020±0.01	g/m <sup>2</sup>	Misraoui et Sengouga (2011)
	360.65±128.81	49.46±19.4	64.99±28.6	5.77±9.95	g/m <sup>2</sup>	Khazimi (2010)
	207.9±65.1	52.3±25.65	29.3±19.4	3±3.71	g/m <sup>2</sup>	Bengine et Galmami (2007)
SD	0.94±0.34	0.26±0.12	0.29±0.12	0.037±0.03	g/m <sup>2</sup>	Misraoui et Sengouga (2011)
Tnc	1.29±0.37	0.26±0.13	0.34±0.17	0.017±0.01	g/m <sup>2</sup>	
DJ	621.95±308.69	109.70±42.48	153.73±91.9	4.88±4.79	g/m <sup>2</sup>	Ferhi et Ghiboub (2001)
SF	218.45 ±98.63	66.91±20.03	36.09±18.54	10.76±4.42	g/m <sup>2</sup>	Boudaa (2013)
	0.60±0.18	0.15±0.05	0.20±0.11	0.013±0.01	g/m <sup>2</sup>	Misraoui et Sengouga (2011)
AB	1.36±0.28	0.25±0.13	0.56±0.15	0.025±0.02	g/m <sup>2</sup>	
AG	1.29±0.31	0.29±0.15	0.53±0.16	0.045±0.04	g/m <sup>2</sup>	
CH	1.06±0.47	0.32±0.10	0.54±0.18	0.083±0.04	g/m <sup>2</sup>	
SB	1.34±0.34	0.31±0.20	0.29±0.12	0.033±0.05	g/m <sup>2</sup>	
KH	1.34±0.31	0.22±0.10	0.33±0.08	0.019±0.02	g/m <sup>2</sup>	
MG	0.59±0.24	0.18±0.07	0.40±0.23	0.043±0.03	g/m <sup>2</sup>	
PR	0.58±0.14	0.12±0.04	0.32±0.11	0.019±0.02	g/m <sup>2</sup>	
JB	1.31±0.40	0.28±0.12	0.42±0.17	0.025±0.02	g/m <sup>2</sup>	

Tableau 30 : Biomasses des feuilles et des épiphytes des herbiers à *Posidonia oceanica* à partir de divers bibliographies de l'Ouest de l'Algérie.

Site	Bio FA	Bio FI	Bio epFA	Bio epFI	Auteur et année
CC	178.70± 137.46	113.43± 87.01	79.99± 71.79	107.68± 84.31	Chahrour (2013)
AF	283.88± 129.54	155.99± 133.93	32.01± 34.19	25.72± 16.45	
CB5	494.12±129.54	437.60±133.93	/	/	Khodja (2013)
CB10	1204.28±402.57	1040.57±385.17	/	/	

AK : Anse de Kouali, BSM : Bou Ismail, SF : Sidi Fredj, DJ : El Djamila, AG : Ile Agueli, AB : Ain Benian, CH : El Hamouche, SB : Saint Bérard, KH : Khemisti, MG : La Madrague, Pr : la pérouse, JB : El marsa SL : Sidi Lakhder, , CC: Cap Carbon, AF: Ain Franin.

### III.11 Teneurs en phénols

Les teneurs moyennes en phénols totaux mesurées au niveau des différents tissus de *Posidonia oceanica* au centre de l'Algérie, montrent que les feuilles intermédiaires accumulent les teneurs les plus importantes par rapport aux autres tissus (Boumaza, 2015). Ceci est expliqué par le processus de biosynthèse des composés phénoliques qui est plus intense chez les jeunes feuilles (Cariello et Zanetti, 1979 ; Macheix *et al.*, 2005, Boumaza, 2015).

Par ailleurs, il n'existe pas de différence significative entre les deux sites étudiés malgré que le site de Bou Ismail soit soumis à des rejets d'effluents contrairement à l'Anse de Kouali. En effet, de nombreux auteurs constatent une augmentation du nombre de cellules à tannins spécialisées dans la production de composés phénoliques et considérés comme un indicateur de stress (Pergent-Martini, 1993).

Tableau 31 : Teneurs en composés phénoliques (mg/g) à partir de divers bibliographies du centre de l'Algérie

Site	Limbes des feuilles adultes	Feuilles intermédiaires	Bases des feuilles adultes	Références
Anse de Kouali	0.65±0.64	1.15±1.01	1.14±0.47	Boumaza (2015)
	0.89±0.34	0.94±0.90	1.02±0.89	Boudefoua (2011)
	2.90±2.02	5.46±2.28	3.37±2.28	Hamoul et Mokeddem (2002)
Bou Ismail	0.91 ±0.71	0.87±0.27	1.59±1.39	Boumaza (2015)
	1.40±0.37	2.05±1.71	0.98±0.83	Boudefoua et Kada (2007)
Tamenfoust	2.72±0.67	6.27±1.32	3.55±0.45	Hamoul et Mokeddem (2002)

Les travaux de Boudjella (2015) à l'Ouest du littoral au niveau de Cap Carbon, Sidi Lakhder et Ain Franin montrent que les valeurs obtenues sont très élevées par rapport aux valeurs trouvées dans la littérature (Agostini *et al.*, 1998; Dumay *et al.*, 2004; Ferrat *et al.*, 2003; Pergent *et al.*, 2008 ; Boumaza *et al.*, 2014). Et ceci, peut être expliqué par le fait que les

herbiers étudiés sont soumis à divers facteurs de stress, notamment la présence de *Caulerpa racemosa* (compétition interspécifique), le surpâturage (Cap Carbon et Sidi Lakhdar), L'hydrodynamisme (Ain Franin), les UV (herbiers de surface), la turbidité et les apports anthropiques (rejets urbains, agronomiques et industriels).

Et de plus, la teneur en composés phénoliques dans les pétioles était anormalement plus élevée que dans les autres tissus. Cette hausse, peut être reliée aux dommages causés par le broutage des mésoherbivores (Steele et Valentine, 2012 ; Boumaza et al., 2014).

Pour ce qui est du nombre de cellules à tanin, il est avéré que ce nombre atteint des valeurs très élevées en comparaison avec la littérature, à Ain Franin ( $53,15 \pm 6,43$  cellules à tannin), à Cap Carbon ( $35,19 \pm 4,33$  cellules à tannin) et à Sidi Lakhdar ( $36,30 \pm 3,51$  cellules à tannin). Notons que ce nombre de cellules est en concordance avec le nombre de composés phénoliques observés au niveau des feuilles adultes et intermédiaires.

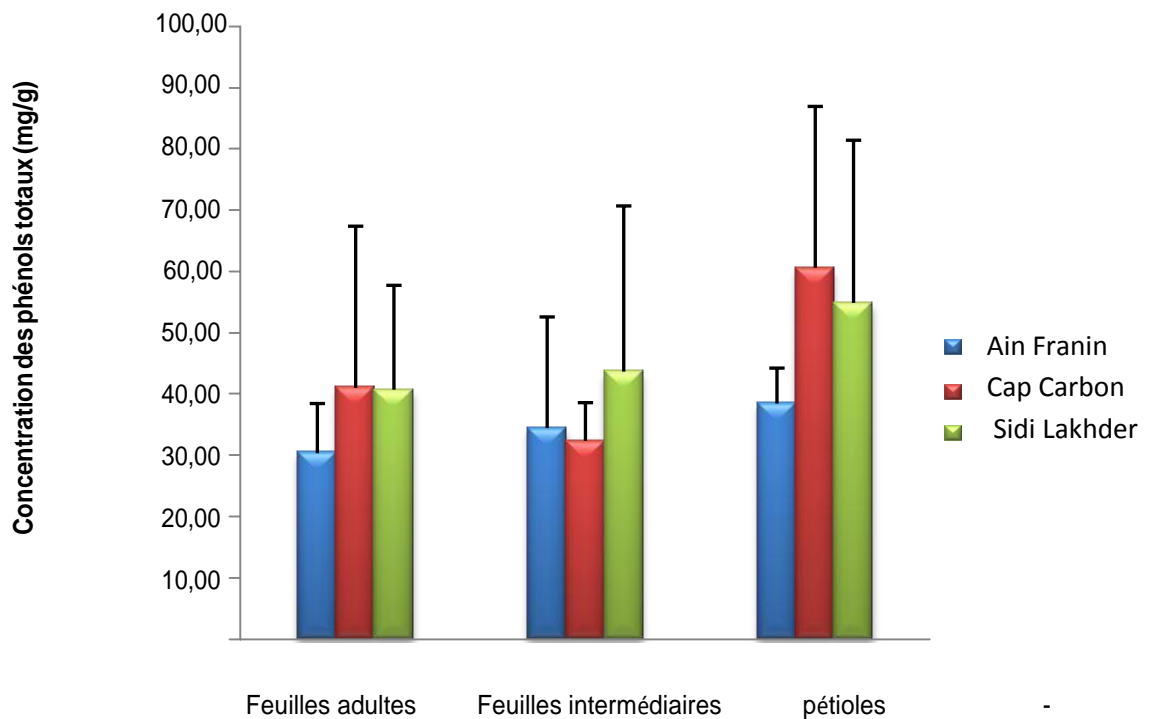


Figure 14: Concentration moyennes des phénols totaux (mg/g) pour chaque tissu et site

## IV. Cas d'étude

La présente partie consiste à l'étude des paramètres vitaux qui renseignent sur l'état de santé de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans un site pilote la plage Belhousseine 1.

Ces mesures constituent une représentation du recouvrement et des paramètres biométriques. Malheureusement, notre travail s'est vu désavantager par la propagation du virus Covid-19. En effet, le travail de vérités terrain nécessaire à ce type d'étude n'a pas pu être effectué. Dès lors, seul ces deux paramètres qui ont pu être étudiés, par échantillonnage en plongée libre par monsieur Bendaas. Ces paramètres vont permettre par la suite d'établir un état de référence pour l'herbier de cette zone qui servira pour le suivi dans le futur.

### IV.1 Présentation du site d'étude

Le site d'étude est une localité de la commune de Tipaza, située aux pieds du mont Chenoua, plus précisément à l'ouest du cap Chenoua, le site d'échantillonnage a été réalisé au niveau de: plage Belhousseine 1, elle se situe entre  $36^{\circ} 37,528' N$  et  $02^{\circ} 24,329' E$ .

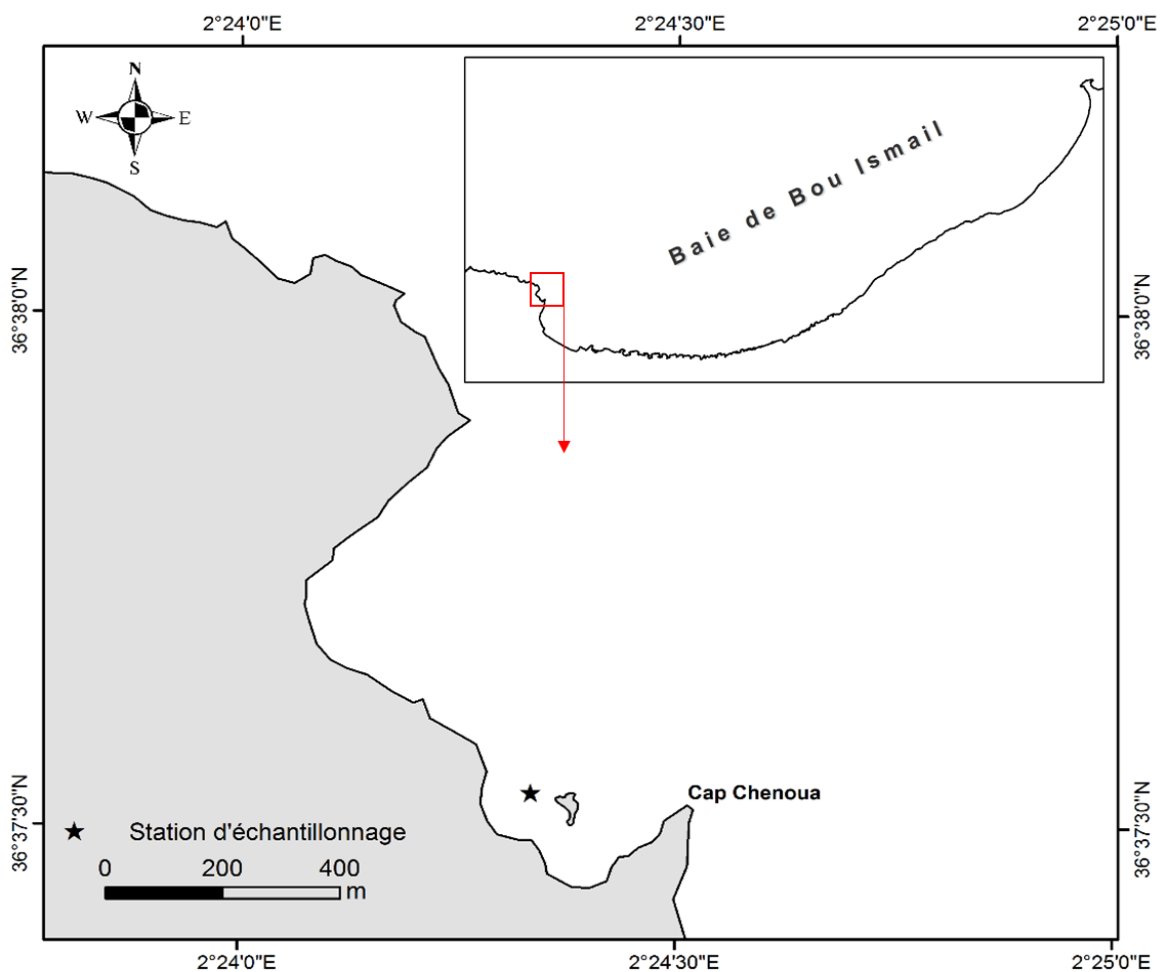


Figure 15 : Cartographie du site d'étude. (À partir d'Arc Gis).

## IV.2 Observations

Ce tronçon de côte est presque vierge, ou l'influence anthropique est faible. L'herbier implanté sur roche, est en bon état caractérisé par une faune riche et très diversifiée.



Figure 16 : Photographie de la plage Belhousseine 1 (©Bendaas, 2020).

Notons qu'un important hydrodynamisme règne dans la zone même en été, ce qui a entraîné le transport puis le dépôt des banquettes de Posidonie sur les rivages, témoignant sur la bonne vitalité des herbiers et la bonne qualité des eaux.

Ces banquettes jouent un rôle écologique et économique important. Elles protègent directement les plages contre l'érosion et le départ du sable. Elles alimentent la dune en feuilles mortes et en sels nutritifs et contribuent à son édification et, indirectement, à la stabilité de la plage.

De plus, l'action de la houle sur les plages est limitée en présence de banquettes de Posidonie, faisant office de remparts et contre lesquelles les vagues qui viennent se heurter.



Figure 17 : Photographie du 21/08/2020 des banquettes de Posidonie (©Bendaas, 2020).

### IV.3 Taux de recouvrement

L'estimation du taux de recouvrement a été réalisée par la technique de prise de photos verticales, avec un appareil photo de type « GoPro Hero », d'un quadrat de 35 cm de côté lancé depuis la surface au hasard.

Pour une bonne reproductibilité, 20 mesures ont été effectués.



Figure 18 : Illustration de la technique utilisée pour l'estimation du recouvrement (© Bendaas, 2020).

#### Matériels utilisés :



Figure 19 : Matériels utilisés pour estimation du taux de recouvrement

#### IV.4 Echantillonnage

20 rhizomes orthotropes distants de 1 mètre l'un de l'autre ont été prélevés pour l'étude biométrique et lépidochronologique.

L'échantillonnage a été effectué au niveau de la limite supérieure de l'herbier à 3m de profondeur, en plongée libre (palmes, masque et tuba), vue la non possibilité de plonger en scaphandre à cause de la pandémie de Covid-19.

Plus d'une cinquantaine d'apnée ont été effectuées pour la prise de photos et prélèvement de rhizomes

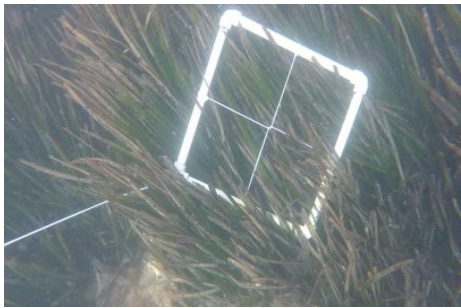




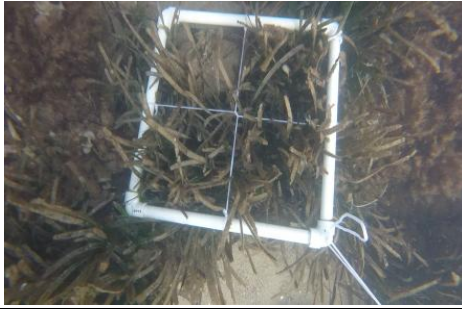









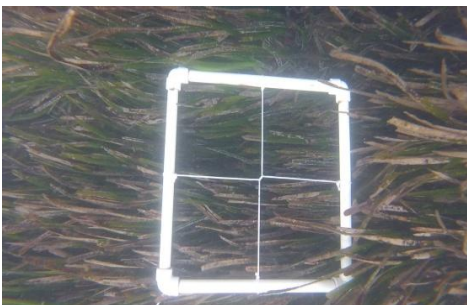






Figure 20 : Prélèvement de rhizomes du site d'étude (© Bendaas, 2020)

#### IV.5 Estimation du taux de recouvrement

La détermination des différents pourcentages a été faite à partir des photos prises, les résultats montrent que la moyenne du taux de recouvrement dans la station d'étude est de **75.75%**. Cette valeur caractérise un **recouvrement fort** selon la grille de Charbonnel et al. (2000).

Tableau 25: Détermination du taux de recouvrement de l'herbier de la plage Belhousseine 1.

Taux	Image	Taux	Image
100%		95%	
80%		100%	
25%		75%	
25%		70%	
60%		80%	

50%		70%	
100%		100%	
100%		60%	
100%		75%	
100%		75%	

### IV.6.1 Variation des paramètres phénologiques

Chaque faisceau prélevé est décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles. Les feuilles sont classées en suite en trois catégories en fonction de leur maturité (adultes, intermédiaires, juvéniles) Giraud, (1977) pour enfin prendre toutes les mesures nécessaire.

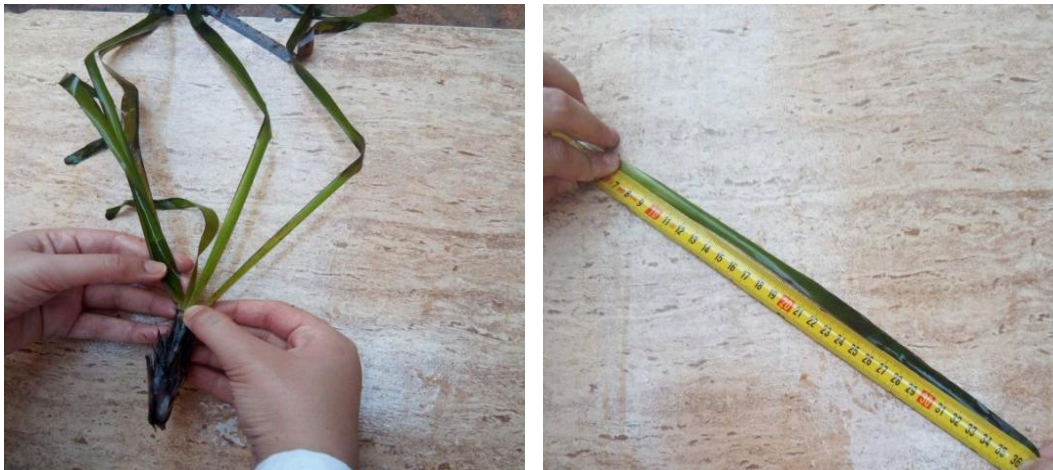


Figure 21 : Décortication des feuilles de posidonie pour l'étude de la phénologie

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

Tableau 26 : Paramètres biométriques de l'herbier de la plage Belhousseine 1

Types de feuilles	Nombre de feuilles	Longueur de feuilles (cm)	Largeur de feuilles (cm)	surface foliaire cm <sup>2</sup>
Adultes	3.56	66.62	1.12	74.614
Intermédiaire	2.47	29.5	0.86	25.37

### IV.6.2 Paramètres biométriques

- Le nombre moyen de feuilles adultes et intermédiaires est lié au rythme de chute de feuilles, ce dernier est influencé par des facteurs externes à savoir l'hydrodynamisme. De nombreux auteurs signalent qu'en Méditerranée, en général le nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires) par faisceau atteint sa valeur maximale pendant la période froide et son minimum à la fin de l'été et au début de l'automne (Boumaza, 1995 ; Chahrour et al, 2013 ; khoja, 2012 ; Belbachir, 2012 ; Misraoui et Sengouga, 2012), ce qui explique la faible valeur obtenue étant donné que l'échantillonnage a été effectué à la fin de l'été. Quoiqu'il en soit les valeurs du nombre de feuilles par faisceau obtenues sont approximativement du même ordre que celles rapportées pour différents sites et période d'échantillonnage en Méditerranée.
- La longueur et la largeur des feuilles mesurées dans la plage Belhousseine 1 comparées aux valeurs rencontrées habituellement en Méditerranée, est du même ordre de grandeur

### IV.6.3 Paramètres lépidochronologique

Les mêmes rhizomes qui ont servi pour l'étude phénologique et phénologique sont nettoyés de façon à retirer le sédiment présent entre les écailles, ainsi que les épiphytes et les épibiontes macroscopiques qui colonisent le rhizome.

Les écailles de chaque rhizome sont soigneusement détachées en respectant l'ordre distique de leur insertion en partant des plus anciennes vers les plus récentes (figure 21) (Pergent, 1987). L'épaisseur des écailles est appréciée au toucher (Rico-Raimondino, 1995).

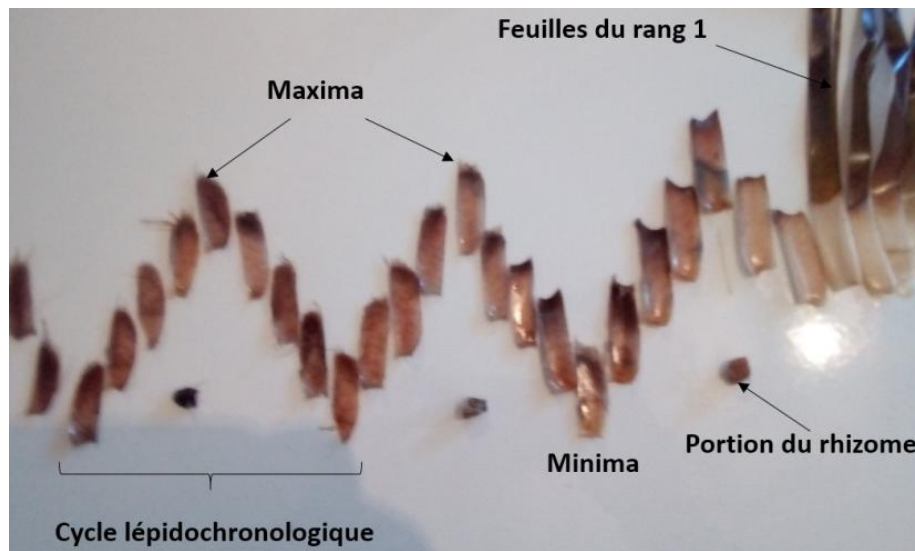


Figure 22 : Dissection d'un rhizome de *Posidonia oceanica*.

Lorsque l'épaisseur de l'écaille est minimale, le rhizome est coupé au niveau de l'insertion de cette écaille. Des tronçons de rhizomes délimités par deux minima d'épaisseur des écailles sont numérotés en fonction de l'année lépidochronologique à laquelle ils appartiennent.

Vu la non possibilité de travailler au laboratoire à cause de la pandémie actuelle, seul le nombre d'écailles par cycle qui a été possible de comptabiliser qui est à : 7.95.

## Conclusion

Le présent travail de fin d'étude qui avait pour objectif de faire un constat sur la « santé » des herbiers à Posidonie de la côte algérienne et de réaliser l'étude des paramètres de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans un site pilote, la plage Belhouseine 1.

**Le premier objectif** relatif à l'état de santé de l'herbier à *Posidonia oceanica* présent le long de la côte algérienne a été réalisé à travers le suivi des descripteurs retenus par Boudouresque et al. (1990) susceptibles d'apporter des informations pertinentes sur la vitalité de l'herbier et plus globalement sur la qualité du milieu. Afin de déceler d'éventuelles différences, cette étude se base sur une comparaison entre 47 herbiers étudiés à partir de divers travaux menés au Centre, l'Est et l'Ouest de la côte algérienne.

En effet, la coexistence de pressions naturelles et anthropiques, qui interagissent simultanément et sans doute avec des effets synergiques sur l'herbier à *Posidonia oceanica* peut confondre les interprétations quant à l'impact réel des pressions anthropiques sur ce dernier. C'est pour cette raison que nous constatons que de nombreux auteurs préconisent une approche globale combinant de nombreux descripteurs de *Posidonia oceanica* pour permettre une meilleure compréhension de ces interactions (Pergent-Martini et al., 2005).

L'analyse des travaux sur l'herbier à *Posidonia oceanica* montre que les descripteurs les plus utilisés sont la densité, le recouvrement et la biométrie foliaire en raison de leur simplicité d'application. Quant aux autres descripteurs qui sont peu utilisés, à savoir les teneurs en phénols, la contamination et la granulométrie, ces études ont beaucoup plus concerné le centre de l'Algérie, plus particulièrement la baie de Bou Ismail et l'Anse de Kouali.

La comparaison des différents paramètres phénologiques et de densité des herbiers a mis en évidence des différences pour trois paramètres :

- **Paramètres liés à la structuration spatiale (densité et recouvrement)** : certaines valeurs de densité obtenues reflètent l'expression de l'existence d'un facteur local qui les aurait affectées, à savoir la nature du substrat et l'hydrodynamisme. Par ailleurs, l'activité humaine est dans une grande part la cause principale de la régression des herbiers, plus particulièrement dans les grands centres urbains que compte le pays (Alger, Annaba, et Oran).
- **Paramètres liés à la biométrie foliaire** ; ils sont influencés à la fois par le facteur saison et facteur station. Le nombre de feuilles par faisceaux, la longueur des pétioles, et l'indice foliaire sont liés à la quantité de lumière disponible et à l'hydrodynamisme (Rico-Raimondino, 1995 ; Ferrari, 2006). Cependant, la longueur des feuilles adultes est le paramètre le plus pertinent et sensible aux actions anthropiques et a déjà été signalé dans différentes localités soumises à des pressions anthropiques en méditerranée (Pergent, 1993, Dumay et Pergent, 2002, Leoni et al., 2006 ; Boumaza, 2015).
- **Le coefficient A** : en plus de l'hydrodynamisme, ce paramètre pourrait traduire un enrichissement du milieu par les rejets entraînant un développement important des épiphytes inféodés à *Posidonia oceanica*. Néanmoins il est difficile de distinguer l'impact de l'hydrodynamisme de celui de la prédation.

L'autre résultat relevé dans cette synthèse des travaux est le caractère franchement saisonnier de tous les paramètres phénologiques, il est donc nécessaire de respecter le même calendrier d'échantillonnage pour permettre une meilleure comparaison.

L'étude des teneurs en phénols est un paramètre peu utilisé bien que le nombre de cellules à tannin semble construire un bon indicateur de stress de la plante puisqu'il augmente dans les zones polluées. De plus, il serait intéressant de faire des études pluriannuelles à différentes profondeurs et la mise en place d'un balisage au niveau des limites inférieures pour le suivi de l'évolution ou de la régression des herbiers.

**Le deuxième objectif** relatif à l'étude des paramètres de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le site pilote de la plage Belhousseine 1. A permis l'estimation du taux de recouvrement qui a été réalisée avec une technique basée sur la prise en photos d'un quadrat lancée depuis la surface au hasard. A cet effet, plus d'une cinquantaine d'apnées ont été effectuées pour la prise de photos et le prélèvement des rhizomes. Cependant, les autres paramètres biométriques nécessitent un travail au laboratoire et suivi sur le terrain, compte tenu de la pandémie Covid-19, le sujet a été orienté, seul les paramètres biométriques et lépidochronologiques ont été étudiés.

Les résultats de l'estimation du taux de recouvrement ont permis de classer l'herbier de cette plage de type : fort recouvrement (75%) selon la classification de Charbonnel et al. (2000) et les données enregistrées permettent d'établir un état de référence pour l'herbier de la plage Belhousseine1 qui servira pour les suivis ultérieurs.

## Références bibliographiques

### A

**ABAL, E., DENNISON, W., (1996).** Seagrass depth range and water quality in southern Moreton Bay, Queensland, Australia. *Marine and Freshwater Research*, 47(6), p.p. 763-771.

**AINBAZIZ, M., SAKHER, S., (2010).** Caractérisation des fonds de coralligène et de la flore associée aux écosystèmes de l'herbier de *Posidonia oceanica*, à l'ouest de Jijel. Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL, 122 p.

**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.*, 130: p.p. 203-210.

**ALCOVERRO, T., MANZANERA, M., ROMERO, J., (2001).** Annual metabolic carbon balance of the sea grass *Posidonia oceanica*: the importance of carbohydrate reserves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 211 : p.p. 105-116.

**AMAROUCHE, N., (2005).** Contribution à l'étude de l'accumulation et de la mémorisation des métaux traces (Hg, Zn, Cu) par *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans la baie de Bou Ismail. Thèse de Magister. Alger : USTHB, 140 p.

**AMAROUCHE, N., SEMROUD, R., OUNADI, F., (2001).** Estimation du taux de contamination de *Posidonia oceanica* par le mercure dans la baie de Bou Ismaïl (Algérie) : résultats préliminaires. Rapport Commission international Mer Méditerranée, 36 : p.p. 348-348.

**ASTIER, J. M., TAILLIEZ, P., (1984).** Pour un plan d'occupation des fonds marins : inventaire des herbiers de posidonies du littoral du Var. *Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol.* Toulon et Var, 36 : p.p. 35-46.

**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: p.p. 85-113.

### B

**BALLESTEROS, E., (1987).** Estructura i dinamica del poblament algal de les fulles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile als herbeis de Tossa de mar (Girona). *Bull. Inst. Cat. His. Nat.*, 54 (Sec. Bot., 6): p.p. 13-30.

**BALATA, D., BERTOCCHI, I., PIAZZI, L., NESTI, U., (2008).** Comparison between epiphyte assemblages of leaves and rhizomes of the seagrass *Posidonia oceanica* subjected to different levels of anthropogenic eutrophication. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 79(3): p.p. 533-540.

**BALESTRI, E., BENEDETTI-CECCHI, L., LARDICCI, C., (2004).** Variability in patterns of growth and morphology of *Posidonia oceanica* exposed to urban and industrial wastes: contrasts with two reference locations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 308(1), p.p. 1-21.

**BAMAHAMMED, L., NAIMI M., (2012).** Cartographie du récif-barrière à *Posidonia oceanica* de l'Anse de Kouali. Mémoire DEUA en Science de la Mer. Alger : ENSSMAL, 23 p.

**BAY, D., (1978).** Etude in situ de la production primaire d'un herbier de Posidonie (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la baie de Calvi, Corse. Thèse Doctorat : Sciences océanologiques, Belg : Université Liège, : p.p. 1-251.

**BELL, J. D., HARMELIN-VIVIEN, M.L., (1982).** Fish fauna of french mediterranean. *Posidonia oceanica*, p.p. 1-14.

**BELSHE, E. F., MATEO, M. A., GILLIS, L., ZIMMER, M., TEICHBERG, M. (2017).** Muddy waters: unintentional consequences of blue carbon research obscure our understanding of organic carbon dynamics in seagrass ecosystems. *Frontiers in Marine Science*. p.p. 4-125.

**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 Biologie, Option : Ecosystèmes Côtiers Marins et Réponses aux Stress, université de Mostaganem, 134 p.

**BELKHAMSSA, F. Z., TAIBI, N., CHAHROUR, F., (2015).** Biodiversité associée aux populations de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Linné, 1813) Delile de la Côte Mostaganémoise (Plages de Sidi Lakhdar et de Stidia/ Algérie). Poster.

**BELLAN-SANTINI, D., LACAZE J. C., POIZAT C., (1994).** Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Muséum National d'Histoire Naturelle publ., Paris: p.p. 1- 246.

**BELLAN-SANTINI, D., ARNOUX A., WILLSIE A., (1986).** Distribution comparée des crustacés amphipodes de la "matte" d'herbier de Posidonies mort et vivant. Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit., 30(2): 8 p.

**BENGRINE, L., GUELMAMI, A., (2007).** Mise en place d'un système de surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile de Bou-Ismaïl. Mémoire d'ingénieur en Science de la mer. Alger : ENSSMAL, 66 p.

**BLANDIN, P., (1986).** Bio indicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'écologie*, 17(4), p.p. 215-307.

**BENNAMA, F., NEKKA, F., (2017).** Ecologie trophique de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes de l'herbier de Posidonie de la région de Mostaganem. Mémoire

de master en Hydrologie marine et continentale. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis, 97 p.

**BOUCHHER, A., (2015).** 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. Thèse de magister en Connaissance, Valorisation et Gestion de la Biodiversité Marine Côtière. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 134 p.

**BOUDAA, L., (2013).** Contribution à l'étude des paramètres vitaux de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans la plage Ouest de Sidi Fredj. Mémoire de Master II en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL, 43 p.

**BOUDAA, L., AYAT, Y., (2013).** Contribution à l'étude d'impact de la pollution chimique sur l'herbier à *Posidonia oceanica* dans la baie d'El Djamila. Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL, 65 p.

**BOUDEFOUA, N., (2011).** Contribution à l'étude des variations des teneurs en composés phénoliques chez la magnoliophyte marine *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Mémoire de Magister en Science de la Mer, option : Pollution Marine et Ecotoxicologie. Alger : ENSSMAL, 47 p.

**BOUDEFOUA, N., KADA, M., (2007).** Les variations saisonnières des paramètres biométriques et lépidochronologiques des herbiers à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans la baie de Bou Ismail. Mémoire d'Ingénieur d'état en Science de la Mer, option : Environnement Marin. Alger : ENSSMAL, 34 p.

**BOUDJELLA, I., (2015).** Dosage des composés phénoliques chez *Posidonia oceanica* (Linné, 1813) Delile, des herbiers de la côte ouest Algériennes (Ain Franin, Cap Carbon et Sidi Lakhdar). Mémoire de magister en Science de l'environnement. Oran : Université Ahmed Ben Bella, 174 p.

**BOUDJEMAL, N., BOUGHELLA, M., (2012).** Contribution à l'étude de la pollution chimique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans la baie de Bou-Ismaïl et la Baie de Zemmouri (El Marsa). Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement Marin. Alger : ENSSMAL. 28 p.

**BOUDOURESQUE, C.F. (2004).** Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Scientific Reports of Port-Cros National Park*, 20: p.p. 97-146.

**BOUDOURESQUE, C.F., BERNARD, G et al., (2006).** Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE Publ., Monaco, Fr. : p.p. 1- 202.

**BOUDOURESQUE, C.F., AVON, M., GRAVEZ, V., (1991).** Les espèces marines à protéger en Méditerranée. GIS Posidonie Publ., Fr.: p.p. 1-448.

**BOUDOURESQUE, C.F., CROUZET, A., PERGENT, A., (1983).** Un nouvel outil au service de l'étude des herbiers à *Posidonia oceanica* : la lépidochronologie. Rapp. P.V. Réunion. Comm. internation. Explor. Sci. Médit., 28(3): p.p. 111-112.

**BOUDOURESQUE, C.F., JEUDY DE GRISSAC, A., (1986).** Biomasse dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. Trav. Sci. Parc Nat. Rég. Rés. Nat. Corse, 2: p.p. 14-15.

**BOUDOURESQUE, C.F., JEUDY DE GRISSAC, A., MEINESZ, A., (1984).** Relations entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac, A., Olivier, J. edits. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie Publ., Fr., 1: p.p.185-191.

**BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ, A., (1982).** Découverte de l'herbier de Posidonie. Cah. Parc Nation. Port-Cros, Fr., 4: p.p. 1-79.

**BOUGHANEM, H., NAIT-TAYAB, A., (2012).** Mise en place d'un carré permanent dans l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile de la plage de la thalassothérapie (Sidi Fredj). Mémoire DEUA en Science de la Mer. Alger : ENSSMAL, 31 p.

**BOUKORT, R., (2015).** Contribution à la cartographie des habitats marins dans le cadre d'une étude d'impact. Mémoire de Magister en science de la Mer. Option : gestion et surveillance du milieu marin et littoral. Alger : ENSSMAL, 67 p.

**BOUKHEDIMI, N., SALAH SALAH, I., (2020).** Distribution des herbiers et des espèces associées aux herbiers à *Posidonia oceanica* de la côte algérienne, Mémoire d'ingénieur. option : Environnement marin. Alger : ENSSMAL, 86 p.

**BOUMAZA, S. (2015).** Caractérisation d'un herbier à *Posidonia oceanica* soumis à des rejets d'effluents. Thèse de doctorat en Biologie marine et côtière. Alger : USTHB, 109 p.

**BOUMAZA, S., (2003).** Biodiversité des habitats à phanérogames marines des côtes algériennes. In Biodiversité marine et littorale algériennes : rapport de synthèse. Document non publié. Alger : Diwan.

**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 Magister. Option: Océanologie. Alger : ENSSMAL , 125 p.

**BOUMAZA, S., SEMROUD, R., (2000).** Evaluation of past and present primary production in *Posidonia oceanica* beds from the cove of Kouali (Tipasa, Algeria) using the lepidochronological method. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), p.p. 26-30.

**BOUTARENE, R O., GHANEM, N., (2010).** Mise en place d'un réseau de surveillance sur la partie marine de la plage ouest de Sidi Fredj : macroflore benthique. Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL, 77 p.

**BRAIK, N., (1989).** Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl : sédimentologie, morphologie, problème d'érosion du littoral. Mémoire de Magister en Géosciences marines. Alger : USTHB, 151 p.

**BRIX, H., (1983).** Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Douglas-fir: relative contribution of foliage quantity and efficiency. *Canadian Journal of Forest Research*, 13(1), p.p. 167-175.

## C

**CANNAC, M., FERRAT L., PERGENT-MARTINI, C., PERGENT, G., PASQUALINI, V., (2006).** Effects of fish farming on flavonoids in *Posidonia oceanica*. *Sci. Total Environ.*, 370 : p.p. 91-98.

**CARIELLO, L., ZANETTI, L., (1979).** Distribution of chicoric acid during leaf development of *Posidonia oceanica*. *Bot. Mar.*, XXII : p.p. 359-360.

**CANCEMI, G., DE FALCO, G., PERGENT, G., (2003).** Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 56 : p.p. 961-968.

**CAYE, G., (1980).** Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *P. oceanica* (L. Delile). Thèse de doctorat. Université d'Aix- Marseille, 121 p.

**CAYE, G., (1980).** Analyse du polymorphisme caulinaire chez *Posidonia oceanica* (L.) Delile. (2) *Bull.Soc. Bot. Fr. Lett. Bot.*, 127 (3) : p.p. 257-262.

**CHAHROUR, F., DERMECHE S., BOUTIBA, Z. (2014).** Lepidochronological characterization of two seagrass meadows of *Posidonia oceanica* (Linnaeus, 1813) Delile of the west coast of Algeria (Oran and Arzew). *Journal of Asian Scientific Research*, 2014, 4(6): p.p. 292-299.

**CHAHROUR, (2013).** Etude de la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica* de la côte ouest algérienne (Cap Carbon et Ain Franin). Thèse de doctorat en science de l'Environnement. Université d'Oran, 141 p.

**CHAHROUR, F., BOUMAZA, S., SEMROUD, R., BOUTIBA, Z., (2013).** Phenology Of *Posidonia Oceanica* (Linnaeus) Delile in the west coast of Algeria. *International Journal of Asian Social Science*, 2013, 3(1): p.p. 240-254.

**CHARBONNEL, E., BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ, A., BERNARD, G., BONHOMME, P., PATRONE, J., KRUCZEK, R., COTTALORDA, J.M., BERTRANDY, M.C., FORET, P., RAGAZZI M., Le DIREACH, L., (2000).** Le Réseau de surveillance Posidonies de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Première partie : Présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA / Agence de l'Eau RMC /GIS Posidonie / CQEL 13 / CQEL 83 / Conseil Général 06. GIS Posidonie publ., Marseille : p.p. 1-76.

**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). Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. Sci. Médit. 28(3): p.p.113-114.

## D

**DAUBY, P., POULICEK, M., (1995).** Methods for removing epiphytes from seagrasses: SEM observations on treated leaves. *Aquatic Botany*, 52(3), p.p. 217-228.

**DAOUDI, M B., HASNA, N., (2015).** Contribution à l'étude des paramètres vitaux de l'herbier à posidonie (*Posidonia oceanica*) en relation avec la pollution chimique. Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement Marin. Alger : ENSSMAL, 96 p, annexes.

**DEN HARTOG., KUO J., (2006).** Taxonomy and biogeography of seagrasses . in seagrasses biology, ecology, and conservation (eds .A.W.Larkum,R.J.Orth and C.M.Duarte), Springer, Dordrecht, p.p. 1-23.

**DEN HARTOG, C. (2000).** Procedures for the restorastion of lost seagrass beds. *Bologie Marine méditerrané*, 7 (2): p.p. 353-356.

**DEN HARTOG, C (1970).** The Seagrasses of the World. Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afd. Natuurkunde. Tweede Reeks, Deel 59, N°1. North Holland Publ., Netherl, 275 p.

**DERBAL, F., KARA, M.H. (2010).** Composition et variations du peuplement Ichtyologique de l'herbier superficiel à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, dans la baie d'Annaba. *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 65, 149 p.

**DREW, E. A., JUPP, B. P., (1976).** Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. *Underwater Research*, Academic Press, London: p.p. 357-367.

**DREW, E. A., (1971).** Botany. Underwater Science. An introduction to experiments by divers. Woods and Lithgoe edit. London : p.p. 1-59.

**DUMAY, O., FERNANDEZ, C., PERGENT G., (2002).** Primary production and vegetative cycle in *Posidonia oceanica* when in competition with the green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa*. *J. Mar. Biol. Ass. a* : 82 : p.p. 379-387.

**DUARTE, C. M., & CHISCANO, C. L. (1999).** Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquatic botany*, 65(1-4), p.p. 159-174.

## E

**EUGENE, C., (1978).** Etude de l'épifaune des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile du littoral provençal. *Thèse Doct. Océanol.*, Univ. Aix-Marseille II, p.p. 1- 117.

## F

**FERRAT, L., GNASSIA-BARELLI M., PERGENT-MARTINI C., ROMEO M., (2003).** Mercury and non-proteinthiol compounds in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part C, 134 : p.p. 147-155.

**FERRAT, L., ROMEO, M., GNASSIA-BARELLI, M., PERGENT-MARTINI, C., (2002).** Effects of mercury on antioxidant mechanisms in the marine phanerogam *Posidonia oceanica*. *Diseases of aquatic organisms*, 50(2), p.p. 157-160.

**FRANCOUR, P., (1997).** Fish assemblages of *Posidonia oceanica* Beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean) : assesment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Marine Ecology*, P S Z N I 18 (2) : p.p. 157-173.

**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., Univ.P. et M. Curie, Paris, Fr. : p.p. 1-32.

## G

**GERSHENZON, J., (1984).** Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. In *Phytochemical adaptations to stress* ). Springer, Boston, MA. p.p. 273-320.

**GHALMI, R., GHENDOUZI Y., (2011).** Contribution à l'étude d'impact de la pollution chimique sur l'herbier à Posidonie dans la baie d'Alger. Alger : ENSSMAL, CNL, 7 p.

**GIRAUD, G., (1979).** Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 39 : p.p. 33-39.

**GIRAUD, G., (1976).** Floraison de *Posidonia oceanica* à Port-Cros. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, 2 : p.p. 191-193.

**GOBERT, S., MARION L, VELIMIROV B., PERGENT G., LEPOINT G., BOUQUEGNEAU J-M, DAUBY P, PERGENT-MARTINI C., WALKER D.I., (2006).** Biology of *Posidonia*, in Larkum, Orth, and Duarte, (2006), *Biology of Pasidonia in Seagrasses: Biology, Ecology and Concervation.*, 2006, Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 17, p.p. 387-408.

**GOBERT, S., LEJEUNE, P., LEPOINT, G., BOUQUEGNEAU, J.M., (2005).** C, N, P concentrations and requirements of flowering *Posidonia oceanica* shoots. *Hydrobiologia* 533: p.p. 253-259.

**GOBERT, S., KYRAMARIOS, M., LEPOINT, G., PERGENT-MARTINI, C., BOUQUEGNEAU, J.M., (2003).** Variations at different spatial scales of *Posidonia oceanica*

(L.) Delile beds; effects on the physico-chemical parameters of the sediment. *Oceanol. Acta*, 26 : p.p. 199-207

**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 : 207 p.

**GONZALEZ-CORREA, J. M., BAYLE, J. T., SANCHEZ-LIZASO, J. L., VALLE, C., SANCHEZ-JEREZ, P., RUIZ, J. M., (2005).** Recovery of deep *Posidonia oceanica* meadows degraded by trawling. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 320(1), p.p. 65-76.

**GRIMES, S., (2010).** Peuplements benthiques des substrats meubles de la cote algérienne. Thèse de doctorat en Sciences de l'Environnement. Oran : Université d'Oran, 362 p.

**GRAUBY, A., AUGIER, H., LION, R., CHARLENT, O., (1991).** Neutron activation analysis of elemental composition in a marine phanerogam, *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a biological indicator of pollution. *Environmental and experimental botany*, 31(3), p.p. 255-265.

**GUENDOUDI, Y., R. GHALMI, M., BOUDJELLAL, M., EI MORHIT., (2015).** Impact des métaux traces sur l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans La Baie d'Alger (Impact of metals traces on the ecosystem at *Posidonia oceanica* in the Bay of Algiers). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (4) (2015) .p.p. 918-923.

**GUENDOUDI, Y., (2011).** Contribution à l'étude d'impact de la pollution chimique sur l'herbier à posidonie dans la baie d'Alger. Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL, 64 p.

**GUERRAH, R., NOUR, I., (2008).** Mise en place du balisage au niveau de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de l'Anse de Kouali. Mémoire DEUA en Science de la Mer. Alger : ENSSMAL. 49 p.

## H

**HAMIMECHE, KAOUDI, MERAZKA., (2015).** 3ème Congrès International de la Biodiversité Végétale (CIBV 2015, Marrakech). Caractérisation phénologique et biométrique des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, de l'Aire Marine Protégée de Taza (Jijel, Algérie).

**HARZALLAH, A., ZERIAT, C., (2015).** La mise en place d'un réseau de surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* de Bou Ismail. Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL. 62 p.

**HOUSSINE, K. B., (2014).** Suivi et évaluation de la structure écologique et biodiversitaire infralittorale de la zone côtière oranaise. Thèse de doctorat sciences de l'environnement, Option : Biologie et Ecologie Marines. Université d'Oran, 197 p.

## K

**KHAZIMI, O., (2010).** Surveillance de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de Bou Ismail. Mémoire DEUA en Science de la Mer. Alger : ENSSMAL. 42 p.

**KHODJA, (2013).** Caractérisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la côte occidentale algérienne (Cap Blanc). Mémoire de Magister. Université d'Oran, 142 p.

**KOCAK, F., & AYDIN-ONEN, S., (2014).** Epiphytic bryozoan community of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in two different meadows at disturbed and control locations. *Mediterranean Marine Science*, 15(2), p.p. 390-397.

**KUO. J, DEN HARTOG, C., (2006).** Seagrass Morphology, Anatomy, and Ultrastructure, in Larkum, Orth, and Duarte, Biology of *Posidonia* in Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation., Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 3, p.p. 51-87.

**KUO, J., HARTOG, C., DEN HARTOG., (2001).** Seagrass taxonomy and identification key. In: Short, Coles, Short edits. Global seagrass research methods. Elsevier publ., Amsterdam: p.p. 31-58.

**KUO, J., DEN HARTOG, C., (2000).** Seagrasses: A profile of an ecological group. *Biol. Mar. Médit.*, 7(2) : p.p. 3-17.

## L

**LAFABRIE, C., PERGENT, G., KANTIN, R., PERGENT-MARTINI, C., GONZALEZ, J.L., (2007).** Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species Validation of the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. *Chemosphere*, 68, p.p. 2033- 2039.

**LAMOUTI, S., (2010).** Contribution au développement de cartes biocénétiques dans la région centre de la côte algérienne par la combinaison de méthodes de télédétection et d'observation in situ. Mémoire de Magister en Science de la Mer. Alger : ENSSMAL, 78p.

**LAMOUTI, S., (2006).** Essai de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la zone du PAC (plage de la Thalassothérapie Sidi Fredj). Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement Marin. Alger : ENSSMAL, 44 p.

**LE DIREACH, L., BONHOMME, P., OURGAUD, M., BOUDOURESQUE, C., et CADIOU, G., (2013).** By-catch and discards of elasmobranchs in the artisanal net fishery in a Corsican MPA (North-Western Mediterranean).

**LE GALL , J. Y., (1969).** Etude de l'endofaune des pelouses de Zosteracées superficielles de la baie de Castiglione (côte d'Algérie). *Téthys*, 1 (2) : p.p. 395-420.

**LEONI, V., (2005).** Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans le cadre de la surveillance du littoral : Bilan des descripteurs - Réponses face à un enrichissement en nutriments (N & P). Thèse Doctorat : Ecologie marine, Université Corté, Corse, Fr. : p.p. 1-163.

**LEONI, V., PASQUALINI, V., PERGENT-MARTINI, C., VELA, A., PERGENT, G., (2006).** Morphological responses of *Posidonia oceanica* to experimental nutrient enrichment of the canopy water. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* p.p. 339 : 1-14.

**LINTON, D. M., WARNER, G. F. (2003).** Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 46(3-4),p.p. 261-276.

## M

**MACHEIX, J. J., (1996).** Les composés phénoliques des végétaux: quelles perspectives à la fin du XXème siècle ?. *Acta botanica gallica*, 143(6), p.p. 473-479.

**MAGGI, P., GRUET, Y., LASSUS, P., (1977).** Influence de la pollution urbaine sur la vitalité des herbiers à Posidonies dans le golf de Giens. *Sci. Pêche marit.*, Fr., 269 : p.p. 5-13.

**MAMMERIA, (2006).** Eutrophisation en Méditerranée : conditions de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans le golfe d'Annaba. Mémoire de magister. Université d'Annaba, 88 p.

**MARTINEZ-CREGO, B., VERGES, A., ALCOVERRO, T., ROMERO, J., (2008).** Selection of multiple seagrass indicators for environmental biomonitoring. *Marine Ecology Progress Series*, 361, p.p. 93-109.

**MARBA, N., DUARTE, C. M., (2010).** Mediterranean warming triggers seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot mortality. *Global Change Biology*, 16(8), p.p. 2366-2375.

**MARBÀ, N., HOLMER M., ESPERAN, GACIA E. , BARRON, C., (2006).** Seagrass Beds and Coastal Biogeochemistry, in Larkum, Orth, and Duarte, *Biology of Posidonia in Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation.*, 2006, Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 6, p.p. 135-157.

**MASERTI, B. E., FERRARA, R., & PATERNO, P., (1988).** *Posidonia* as an indicator of mercury contamination. *Marine Pollution Bulletin*, 19(8), p.p. 381-382.

**MAYOT, N., BOUDOURESQUE, C. F., LERICHE, A., (2005).** Unexpected response of the seagrass *Posidonia oceanica* to a warm-water episode in the North Western Mediterranean Sea. *Comptes Rendus Biologies*, 328(3), p.p. 291-296.

**MAZZELLA, L., CINELLI, F., OTT, J., KLEPAL, W., (1981).** Studi sperimentali “in situ” sull’ epifitismo della *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, 3 (Suppl. 1) : p.p. 481-492.

**Mc ROY, C.P., McMILLAN, C.,(1977).** Production ecology and physiology of seagrasses. In: McRoy, C.P., Helfferich C. edits. Seagrass ecosystem: a scientific perspective. Marcel Dekker publ., New York: 53-87. Méditerranée. Oceanis, 17 (4) : p.p. 341-350.

**MEINESZ, A., CAYE, G., LOQUES, F., MOLENAAR, H., (1991).** Restoration of damaged areas with transplantation of seaweeds and seagrasses in the Mediterranean: review and perspectives Oebalia 17(1 suppl.): p.p. 131-142.

**MEINESZ, A., BOUDOURESQUE, C.F., BIANCONI, C.H., SIMONIAN, M., (1987).** Cartographie de la limite inférieure de l’herbier de Posidonies de la baie d’Elbo. Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse 13: p.p. 27-37.

**MEINESZ, A., ASTIER, J.M., BODOY A., CRISTIANI G., LEFEVRE J.R., (1982).** Impact de l’aménagement du domaine maritime sur l’étage infralittoral des Bouches-du-Rhône (France, Méditerranée occidentale). Vie Milieu 32(2): p.p. 115-124.

**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): p.p. 513-526

**MEINESZ, A., LAURENT R., (1977).** Compte-rendu de l’opération “Poséïdon 1977”. Deuxième campagne de cartographie de la limite inférieure de l’herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes- Maritimes. Cellule d’Intervention contre la Pollution dans les Alpes-Maritimes.

**MEZALI, K., (1998).** Contribution à la systématique, la biologie, l’écologie et à la dynamique des populations de cinq espèces d’holothuries aspidochirotés (*Holothuria tubula*, *Ho. polii*, *H. stellati*, *H. forskali* et *H. sanstori*) de l’herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse de Magister en Océanologie, option: Ecologie Marine. Alger : ENSSMAL, 172 p.

**MILLOT, C. (1993).** La circulation générale en méditerranée occidentale. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb,9-11,Novembre 1992. Doc: p.p. 29-30.

**MILLOT, C. (1987).** The circulation of Levantine intermediate water in the Algerian basin. J. Geophys. Resear. 92(C8): p.p. 5265-8276.

**MISRAOUI, A., SENGOUGA, A., (2011).** Caractérisation des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la baie de Bou-Ismaïl. Mémoire d’Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL, 39 p.

**MOKEDDEM, Z., HAMOUL, N., (2002).** Contribution à l'étude de la variation des teneurs en phénol totaux chez la phanérogame marine *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Mémoire DEUA en Science de la Mer, option : Ecologie Marine. Alger : ENSSMAL, 28 p.

**MOLINIER, R., PICARD, J., (1952).** Études biologiques sur les herbiers de phanérogames marines à l'ouest d'Alger. bull. stat. Pêche. Aq. Castiglione. Vol. 4, n° 2, p.p. 335-362.

**MOLONIER, R., PICARD, J., 1952.** Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du North-Western Mediterranean. *Science of the Total Environment*, 171, p.p. 95-99.

## N

**NORSE, E. A., (1993).** *Global marine biological diversity: a strategy for building conservation into decision making.* Island Press.

**NEGHLI, L ., (2014).** Cycles de reproduction et exploitation des holothuries Aspidochirotés (Holothuroidea : Echinodermata) inféodées aux herbiers à *Posidonia oceanica* de la côte algéroise. Thèse de magister : Biologie. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis, 154 p.

## O

**ORTH, R.J ., CARRUTHERS, T.J.B ., DENNINSON, W.C., DUARTE, C.M., FORQUIREAN, J.W., HECK, J.R.K.I., UGHES, A.R., KENDRIC, G.A., KENWORTHY, W.J., OLYARNIK, S., SHORT, F.T.,WAYCOTT, M., WILLIAMS S.I., (2006 )** A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience*, 56 : p.p. 987-996.

**OULD HOCINE, B., HEDROUG, S., (1993).** Contribution à l'étude de quelques métaux lourds présents dans les matières en suspension, l'herbier à posidonie et les sédiments superficiels de la baie de Bou Ismaïl. Mémoire d'ingénieur, option chimie industrielle, Alger : ENSSMAL, 113 p.

## P

**PAC., (2004).** PNUE, Plan blue, indicateurs pour le développement durable dans les régions côtières : rapport de suivi. Document publié en 2004, Alger : PAC.

**PANAYOTIDIS, P., DRAKOPOULOU, P., (2010).** Posidonia meadows as a priority habitat for the sustainable management of the Greek coastal environment. Proceedings of the 4th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Yasmine-Hammamet, 2-4 December 2010) Parc national de Port-Cors(var, France). Diplôme de recherche universitaire, Univ. Aix-Marseille.

**PASQUALINI, V., CLABAUT, P., PERGENT, G., BENYOUSSE, L., PERGENT-MARTINI, C., (2000).** Contribution of side scans sonar to the management of Mediterranean littoral ecosystems. *Intern. J. Remote Sensing*, 21 (2) : p.p. 367-378.

**PASQUALINI, V., PERGENT-MARTINI, C., CLABAUT, P., PERGENT, G., (1998).** Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side scan sonar : Application of

the island of Corsica (France). *Estuar. Coast. Shelf. S.*, 47 : p.p. 359-367.

**PASQUALINI, V ., (1997).** Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral corse (Méditerranée, France). Thèse Doctorat. Université de Corse, France : p.p. 1-190.

**PEIRANO, A., DAMASSO, V., MONTEFALCONE, M., MORRI, C., BIANCHI, C.N., (2005).** Effects of climate, invasive species and anthropogenic impacts on the growth of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Liguria (NW Mediterranean Sea). *Mar. Pollut. Bull.*, 50 : p.p. 817-822.

**PERSONNIC, S., BOUDOURESQUE, C. F., ASTRUCH, P., BALLESTEROS, E., BLOUET, S., BELLAN-SANTINI, D., PERGENT, G., (2014).** An ecosystem-based approach to assess the status of a Mediterranean ecosystem, the *Posidonia oceanica* seagrass meadow. *PLoS one*, 9(6), e98994.

**PELLEGRINI, L., (1993).** Ultrastructural differentiation of the tanniniferous cells in the marine phanerogam *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Bot. Mar.*, 36 : p.p. 179-187.

**PELLEGRINI, L., (1992).** Fine structural observations of the leaf blade of the marine phanerogam *Posidonia oceanica* (L.) Delile, in relation to leaf development. *Cytobios*, 72 : p.p. 47-61.

**PERGENT, G., BERTRANDY, M. C., ( 2013).** Le Réseau de Surveillance Posidonie, toujours copié, jamais égalé. In L. Le Diréach, C.F. Boudouresque (Edits.), GIS Posidonie : plus de 30 ans au service de la protection et de la gestion du milieu marin, GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : p.p. 25-29.

**PERGENT, G., BOUDOURESQUE, C.F., DUMAY, O., PERGENT-MARTINI, C., WYLLIE-ECHEVERRIA, S., (2008).** Competition between the invasive macrophyte *Caulerpa taxifolia* and the seagrass *Posidonia oceanica*: contrasting strategies. *BMC Ecol.*, 8 : 20 p.

**PERGENT-MARTINI, C., PASQUALINI, V., FERRAT, L., PERGENT, G., (2006).** Ecological data in integrated coastal zone management: Case study of *Posidonia oceanica* meadows along the Corsican coastline (Mediterranean Sea). *Environ. Manage.*, 38 : p.p. 889-895.

**PERGENT, G., (2006).** Le rôle des herbiers à *Posidonia oceanica*. In : Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. N° 4. France : Ramoge. 250 p.

**PERGENT-MARTINI, C., LEONI, V. et al. (2005).** Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. *Ecol. Indic.*, 5: p.p. 213-230.

**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. Maison de l'Environnement de Montpellier publ., Fr.: 209-220. publ., Fr., 2 : p.p. 77-84.

**PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C., (2000).** Mission d'Etude en Libye. Etude des formations végétales de la lagune de Frawa. Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées et Université de Corse publ.: p.p. 1-48.

**PERGENT-MARTINI, C., PERGENT, G., (2000).** Marine phanerogams as a tool in the evaluation of marine trace-metal contamination: an example from the Mediterranean. International Journal of Environment and Pollution 13, p.p. 1-6.

**PERGENT, G, MENDEZ, M , PERGENT-MARTINI, C , PASQUALINI, V . (1999).** Preliminary data on the impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean. *Oceanologica acta* , 22(1): p.p. 95 -107.

**PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C. (1999).** Mercury levels and fluxes in *Posidonia oceanica* meadows. *Environmental pollution* 106, p.p. 33-37.

**PERGENT-MARTINI, C. (1998).** *Posidonia oceanica*: a biological indicator of past and present mercury contamination in the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research* 45 (2), p.p. 101- 111.

**PERGENT-MARTINI, C., PERGENT, G. (1996).** Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean- France). In J. Kuo , R.C Phillips., D.I Walker., H. Kirkman (Edits.), *Proceedings of the Second International Workshop on Seagrass Biology.*, Univ. Western Australia Publ. : p.p. 299-306.

**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 : p.p. 3-27.

**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.: p.p. 123-135.

**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 : 190 p.

**PERGENT-MARTINI, C., RICO-RAIMONDINO, V., PERGENT, G., (1994).** Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean basin. *Mar. Biol.* p.p. 120: 9-15.

**PERGENT-MARTINI, C., PERGENT, G., RICO-RAIMONDINO, V., (1993).** *Posidonia oceanica* beds, a biological indicator of the marine environment quality. In: Pour qui la méditerranée au 21ème Siècle - Le système littoral méditerranéen. Actes du colloque scientifique Okeanos, Maison de l'Environnement de Montpellier publ., Fr.: p.p. 207-212.

**PERGENT, G., (1993).** L'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile Approche structurale, fonctionnelle et appliquée. Thèse Habilitation à Diriger des Recherches : Ecologie, Université Corté, Corse, Fr. : p.p. 1-162.

**PERGENT-MARTINI, C., FERNANDEZ, C., PASQUALINI, V., PERGENT, G., (1992).** Etude de site, dans le cadre l'installation des canalisations d'exhaure et de rejet d'eau de mer d'un Centre de Thalassothérapie à Piantarella (Corse du Sud). Contrat Domaine de Spérone/GIS Posidonie, GIS Posidonie édit., Fr. : p.p. 1 – 57.

**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: p.p. 49-66.

**PERGENT, G., PERGENT-MARTINI C., (1990).** Some applications of lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Bot. mar.* 33: p.p. 299-310.

**PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C., (1990).** Some applications of lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Bot. Mar.*, 33: p.p. 299-310.

**PERGENT, G., (1990).** Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile : a standardized approach. *Aquat. Bot.*, 37 : p.p. 39-54.

**PERGENT, G, BOUDOURESQUE, CF, CROUZET, A, MEINESZ, A (1989).** Cyclic changes along *P. oceanica* rhizomes (Lepidochronology) : Present State and Perspectives. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, 10(3): p.p. 221-230

**PERGENT, C., (1988).** Variabilité de l'abondance des cellules à tanin dans les écailles de *Posidonia oceanica*. *Rapp. P. V. Réun. Commiss. Internation. Explor. Sci. Médit.*, Monaco, 31(2) B-19 : p.p. 7-7.

**PERGENT, G., (1987).** *Recherches lépidochronologiques chez Posidonia oceanica (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes.* Thèse Doctorat : Océanologie, Université Aix- Marseille II, Fr. : p.p. 1-853.

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

**PHILLIPS, D.J.H., (1994).** Macrophytes as biomonitors of trace metals. *Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries*, p.p. 85-103.

**PLATINI, F. (2000).** La protection des habitats aux herbiers en Méditerranée. *Report. PNUE, PAM, CAR/ASP.*

**PNUE - PAM - CAR/ASP, (2010).** Actes du Quatrième Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine (Yasmine-Hammamet, 2-4 Décembre 2010), EL ASMI S., LANGAR H., BELGACEM W.édits, CAR/ASP publ., Tunis, 251 p.

**PNUE – UICN – GIS Posidonie, (1990)** : Livre rouge (Gérard Vuignier) des végétaux des peuplements et paysages marins menacés d méditerranée. MAP Technical Reports Series No. 43. UNEP, Athens, 250 p.

**PROCACCINI, G., OLSEN, J. L., REUSCH, T. B., (2007)**. Contribution of genetics and genomics to seagrass biology and conservation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350(1-2), p.p. 234-259.

**POR, F. D., (1971)**. One hundred years of Suez Canal—a century of Lessepsian migration: retrospect and viewpoints. *Systematic Zoology*, 20(2), p.p. 138-159.

## R

**RICO-RAIMONDINO, V., (1995)**. Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *Posidonia oceanica*. Thèse Doct. d'écologie, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : p.p.1-248.

**ROBERT, P., (1988)**. Etude de régime thermique des principales biocénoses marines benthiques du Parc national de Port-Cors(var, France). Diplôme de recherche universitaire, Univ. Aix-MarseilleII, Fr.: p.p. 1-209.

**RAMADE, F., (1993)**. *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. Ediscience international.

**ROUANE-HACENE, O., (2013)**. Biosurveillance de la qualité des eaux côtières du littoral occidental algérien, par le suivi des indices biologiques, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb, Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus*. Thèse de Doctorat. Oran : université d'Oran, 249 p.

**RUIZ, J. M., ROMERO, J., (2003)**. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine pollution bulletin*, 46(12), p.p. 1523-1533.

## S

**SANCHIZ, C., GARCIA-CARRASCOSA, A. M., PASTOR, A. (1999)**. Bioaccumulation of Hg, Cd, Pb and Zn in four marine phanerogams and the alga *Caulerpa prolifera* (Försskal) Lamouroux from the East Coast of Spain. *Botanica Marina*, 42, p.p. 157-164.

**SEGUINI, O., NACEURS, Y.K., (1997)**. Cartographie biomorpho-sédimentologique de l'Anse de Kouali. TIPAZA. Mémoire d'ingénieur en science de la mer. Alger : ENSSMAL, 62 p.

**SEMROUD, R., (2015)**. Setting up of monitoring systems for *Posidonia oceanica* meadows in the Bou Ismail bay (Algeria, southern Mediterranean sea) Proceeding of the 4th Mediterranean Seagrass Workshop, Oristano, 124 p.

**SEMROUD, R., et al., (1998).** Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* au large de grande plage de d'El-Djamila (baie de Bou Ismail, Algerie). Convention DGE/ISMAL, Alger, p.p. 1-43.

**SEMROUD, R., (1993).** Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) dans la région d'Alger (Algérie) : étude de quelques compartiments. Thèse de Doctorat d'état. Alger : USTHB, 219 p.

**SHORT, F. T., WYLLIE-ECHEVERRIA, S. (1996).** Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental conservation*, p.p. 17-27.

**SILVESTRI, C., (1993).** Studio sinecologico sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Monterosso al mare (SP) : cartografia quali-quantitativa e dinamica stagionale. Tesi, Univ. Roma, Ital. : p.p. 1-97.

## T

**TARMOUL, F., (2010).** Contribution à l'étude d'impact de la pollution chimique sur l'herbier à posidonie dans la baie de Bou Ismail. Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL, 77 p.

## V

**VAISSIERE, M., FREDJ, G., (1963).** Contribution à la connaissance du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Oceano*. Vol. 60, n° 1272, 5 cartes , 83 p.

**VASSALLO, P., PAOLI, C., ROVERE, A., MONTEFALCONE, M., MORRI, C., BIANCHI, C.N., (2013).** The value of the seagrass *Posidonia oceanica* : A natural capital assessment. *Mar. Pollut. Bull.*, 75: p.p. 157-167.

**VELIMIROV, B., (1984).** Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilisation of soluble compounds. *International Workshop on Posidonia oceanica Beds*, BOUDOURESQUE C.-F., JEUDY de GRISSAC A. & OLIVIER J. edit GIS Posidonie publ., Fr., 1 : p.p. 381-387.

**VERLAQUE, M., (1987).** Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. Colloq. Intern. sur *P. lividus* et les oursins comestibles. C.-F. Boudouresque edit., GIS Posidonie publ, Marseille, Fr. : p.p. 5-36 .

**VERGES, A., ALCOVERRO, T., ROMERO, J., (2011).** Plant defences and the role of epibiosis in mediating within-plant feeding choices of seagrass consumers. *Oecologia*, 166 : p.p. 381-390.

**VERGES, A., PEREZ, M., ALCOVERRO, T., ROMERO, J., (2008).** Compensation and resistance to herbivory in seagrasses : induced responses to simulated consumption by fish. *Oecologia*, 155 : p.p. 751-760.

VINCENTE, N., CHABERT, D., (1981). Pollution par les métaux lourds dans les rades du parc national de Port Cros (Ia). *I: étude préliminaire*, p.p. 25-34.

## W

WARD, T. J., (1987). Temporal variation of metals in the seagrass *Posidonia australis* and its potential as a sentinel accumulator near a lead smelter. *Mar. Biol.*, 95: p.p. 315-321.

WAYCOTT, M., DUARTE, C. M., CARRUTHERS, T. J., ORTH, R. J., DENNISON, W. C., OLYARNIK, S., KENDRICK, G. A. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(30), p.p. 12377-12381.

WITTMANN, K.J., (1984). Temporal and morphological variations of growth in a natural sand of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine ecology*, 5(4): p.p. 301-316.

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): p.p. 205-206.

## Z

ZEGGAOUI, Z., (2019). Contribution à l'utilisation des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans les réseaux de surveillance (Résultats préliminaires). Mémoire d'ingénieur en Science de la mer. Alger : ENSSMAL, 65 p.

ZERROUK, C., (2016). Cartographie de la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* et du trottoir à Vermets dans la région de Tipaza. Mémoire d'Ingénieur en Science de la Mer, option : Environnement. Alger : ENSSMAL, 68 p.

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 off the Island of Ischia (Gulf of Naples, Italy) : Relationship with the seafloor morphology. *Aquat. Bot.*, 84 : p.p. 101-109.

## Résumé

Malgré de nombreux travaux réalisés sur l'herbier à Posidonie le long de la côte algérienne, cependant l'absence d'une image complète sur l'état de conservation de nos herbiers. Le présent travail constitue une contribution à la connaissance des herbiers à Posidonie de la côte algérienne. Son principal objectif est la comparaison entre les paramètres de vitalité de *Posidonia oceanica* à partir des travaux qui ont été déjà réalisées à travers le suivi des descripteurs susceptibles d'apporter des informations pertinentes sur la vitalité de l'herbier et plus globalement sur la qualité du milieu. Ainsi d'intégrer ces résultats dans la Base de données National de Biodiversité Marine (**BANBIOM**).

De plus, une étude pilote a été réalisée sur l'herbier à *Posidonia oceanica* de la plage Belhousseine 1 (wilaya de Tipaza) qui servira pour le suivi ultérieur.

**Mot clés :** *Posidonia oceanica*, vitalité, Algérie, Tipaza, comparaison.

## Abstract

Despite numerous studies on *Posidonia oceanica* along the Algerian coast, however the lack of clear image of its conservation status. In this regard, the present work is a contribution to the knowledge of *Posidonia oceanica* sea grass in Algeria, its main objective is to compare between the vitality parameters of *Posidonia oceanica* from the work that has already been carried out, through the monitoring of the descriptors likely to provide relevant information on the vitality of the meadow and more generally on the quality of the environment. Thus to integrate these results into the National Database of Marine Biodiversity (**BANBIOM**).

Moreover, a pilot study was carried out on the *Posidonia oceanica* meadow of the beach Belhousseine 1 (wilaya of Tipaza) that will be used for future studies.

**Keyword:** *Posidonia oceanica*, vitality, Algeria, Tipaza, comparison.

## ملخص

رغم العديد من البحوث حول نبتة البوزيدونيا على طول الشريط الساحلي الجزائري , إلا ان وضع هذه النبتة العام و حالتها الصحية لا تزال مبهمه , هذا العمل هو مساهمة في تطوير المعرفة حولها هدفه الاساسي هو المقارنة بين المؤشرات الحيوية للبوزيدونيا وهذا من خلال الاعمال المتوفرة عن طريق مختلف الاعدادات التي تسمح بالحصول على معلومات حول صحة الاعشاب و اكثر حول صحة المحيط.

بالإضافة الى هذا قمنا بدراسة استكشافية حول الاعشاب البحرية بوزيدونيا في شاطئ بلحسين ( ولاية تيبازة ) التي سيتم استخدامها في الدراسات اللاحقة

**الكلمات المفتاحية :** *Posidonia oceanica*, الحيوية, الجزائر, تيبازة, المقارنة.