

الجمهورية الجزائرية الشعبية الديمقراطية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER**

**OPTION: Biodiversité et gestion des écosystèmes**

**Thème :**

**Distribution des cellules a tanins chez  
les Magnoliophytes marines**

Présenté par : **MESSAOUD Houda**  
**HENTABLI Maria**

Soutenu le : 12/ 07 /2023 devant le jury suivant :

<b>Mme, LAHMER.N</b>	<b>Maître assistante A (ENSSMAL)</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mme, BEDAIRIA.A</b>	<b>Maître de conférences B (ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme, BOUMAZA.S</b>	<b>Maître de conférences A (ENSSMAL)</b>	<b>Promotrice</b>
<b>M, MISRAOULA</b>	<b>Doctorant (ENSSMAL)</b>	<b>Co-promoteur</b>

**2022 / 2023**

الجمهورية الجزائرية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
والبحث وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
MASTER EN SCIENCES DE LA MER**

**Domaine :** Science de la nature et de la vie

**Filière :** Hydrobiologie marine et continentale

**OPTION:** Biodiversité et gestion des écosystèmes

**Thème :**

**Distribution des cellules a tanins chez  
les Magnoliophytes marines**

Présenté par : **MESSAOUD Houda**

**HENTABLI Maria**

Soutenu le : 12 /07 / 2023 devant le jury suivant :

**Mme, LAHMER.N**

**Maître assistante A (ENSSMAL)**

**Présidente**

**Mme, BEDAIRIA.A**

**Maître de conférences B (ENSSMAL)**

**Examinatrice**

**Mme, BOUMAZA.S**

**Maître de conférences A (ENSSMAL)**

**Promotrice**

**M, MISRAOUI.A**

**Doctorant (ENSSMAL)**

**Co-promoteur**

**2022/ 2023**

## *Remerciement*

Nous remercions **DIEU** le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la force et la patience afin de mener ce travail à terme.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et notre grand respect à notre chère promotrice **Mme BOUMAZA S.** pour son aide, sa disponibilité, ses conseils avisés, et ses remarques qui nous ont permis de réaliser ce travail.

Toute notre gratitude s'adresse aussi à notre Co-promoteur **M, MISRAOUI A.** pour son aide et sa contribution dans la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements s'adressent également aux membres de la commission d'évaluation pour le temps consacré à l'examen de ce manuscrit.

Un grand **MERCI** à toutes les personnes qui ont été à nos côtés pendant nos années à **PENSSMAL** et qui nous ont permis d'arriver au bout de ce travail.

Nous ne saurions terminer sans remercier bien évidemment nos familles pour leur indéfectible et inconditionnel soutien. Elles ont été présentes pour écarter nos doutes, nos soigner les blessures et partager nos joies. Un grand merci à nos frères et sœurs.

Un merci particulier à nos parents pour nous avoir soutenus et encouragés pour finaliser ce travail.

Merci à tous ceux que nous n'avons pas cités et qui, de près ou de loin, ont rendu ce travail possible.

## Résumé

Les Magnoliophytes marines *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont largement utilisées comme indicateurs de la qualité du milieu marin en Méditerranée. Ces plantes produisent des cellules à tanins, spécialisées dans la production de composés phénoliques, essentiels à leur adaptation et à leur défense contre les agressions environnementales et biologiques. Cependant, le rôle précis de ces composés dans les mécanismes de défense de ces plantes reste peu étudié. En effet, seules quelques études se sont intéressées à la variabilité de l'abondance des cellules à tanins chez *Posidonia oceanica* face aux stress environnementaux. Par conséquent, cette étude s'est assignée comme objectifs l'évaluation de l'abondance des cellules à tanins chez ces 2 Magnoliophytes et ce, au niveau de 5 stations soumises à différents types de pressions anthropiques. Les paramètres biométriques rendant compte de la vitalité des Magnoliophytes marines ont également été mesurés dans le but de mettre en relation l'abondance des cellules à tanins et la vitalité de ces dernières. La détermination de l'abondance des cellules à tanins a été effectuée en utilisant 2 méthodes, la première est basée sur le calcul de la densité des cellules à tanins (nombre de cellules à tanins par unité de surface) et la seconde est basée sur le calcul d'un indice (proportion des cellules par rapport aux cellules parenchymateuses). Les résultats obtenus indiquent une corrélation hautement significatives entre la densité et l'indice des cellules à tanins ( $R=0.8$ ,  $p<0.05$ ). La densité et l'indice des cellules à tanins augmentent lorsque *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* subissent les perturbations du milieu, ainsi que la compétition interspécifique avec l'algue introduite *Caulerpa cylindracea*. Cette sensibilité aux conditions environnementales ouvre des perspectives intéressantes pour l'utilisation de la densité des cellules à tanins comme descripteur (biomarqueur environnemental) dans les programmes de surveillance côtière. Par ailleurs, la corrélation entre la densité et l'indice des cellules à tanins chez les 2 plantes étudiées n'est pas significative. Elle vient confirmer la capacité adaptative de *Cymodocea nodosa* aux milieux anthropisés comparativement à *Posidonia oceanica*.

**Mots clés :** *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, Cellules à tanins, Biométrie foliaire, Anatomie.

## Abstract

The marine Magnoliophyte *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* are widely used as indicators of the quality of the marine environment in the Mediterranean. These plants produce tannin cells, specialized in the production of phenolic compounds, essential for their adaptation and defense against environmental and biological aggressions. However, the precise role of these compounds in the defense mechanisms of these plants remains little studied. Indeed, only a few studies have investigated the variability of tannin cell abundance in *Posidonia oceanica* in the face of environmental stress. Therefore, this study has set as objectives the evaluation of the abundance of tannin cells in these 2 magnoliophytes, at the level of 5 stations subjected to different types of anthropogenic pressures. The biometric parameters accounting for the vitality of marine magnoliophytes were also measured with the aim of establishing a relationship between the abundance of tannin cells and the vitality of these cells. The determination of the abundance of tannin cells was carried out using 2 methods, the first is based on the calculation of the density of tannin cells (number of tannin cells per unit area) and the second is based on the calculation of an index (proportion of cells to parenchymal cells). The results obtained indicate a highly significant correlation between the density and index of tannin cells ( $R=0.8$ ,  $p<0.05$ ). The density and index of tannin cells increase when *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* undergo the disturbances of the medium, as well as the interspecific competition with the introduced alga *Caulerpa cylindracea*. This sensitivity to environmental conditions opens up interesting prospects for the use of tannin cell density as a descriptor (environmental biomarker) in coastal monitoring programmes. Furthermore, the correlation between the density and index of tannin cells in the 2 plants studied is not significant. It confirms the adaptive capacity of *Cymodocea nodosa* in anthropized environments compared to *Posidonia oceanica*.

**Keywords:** *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, Tannin cells, Foliar biometrics, Anatomy

## المخلص

تُستخدم المانيولوفيتات البحرية بوزيدونيا أوسيانিকা و سيمودوسيا نودوسا على نطاق واسع كمؤشرات لجودة البيئة البحرية في البحر الأبيض المتوسط. تنتج هذه النباتات خلايا تانين متخصصة في إنتاج المركبات الفينولية، وهي ضرورية لتكيفها والدفاع عنها ضد الاعتداءات البيئية والبيولوجية. ومع ذلك، فإن الدور الدقيق لهذه المركبات في آليات الدفاع لهذه النباتات لا يزال قليلاً. في الواقع، لم يبحث سوى عدد قليل من الدراسات في تباين وفرة خلايا التانين في بوزيدونيا أوسيانিকা في مواجهة الإجهاد البيئي. لذلك، حددت هذه الدراسة كأهداف تقييم وفرة خلايا التانين في هذه الخلايا المانيولوفيتية، على مستوى المحطات 5 الخاضعة لأنواع مختلفة من الضغوط البشرية المنشأ. كما تم قياس البارامترات البيومترية التي تحسب حيوية الخلايا المانيولوفيت البحرية بهدف إقامة علاقة بين وفرة خلايا التانين وحيوية هذه الخلايا. تم تحديد وفرة خلايا التانين باستخدام طريقتين، الأولى تستند إلى حساب كثافة خلايا التانين (عدد خلايا التانين لكل وحدة مساحة) والثانية تستند إلى حساب مؤشر (نسبة الخلايا إلى الخلايا الأبوية). تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى وجود علاقة كبيرة للغاية بين كثافة ومؤشر خلايا التانين ( $p < 0.05$ ,  $R = 0.8$ ). تزداد كثافة ومؤشر خلايا التانين عندما تخضع بوزيدونيا أوسيانিকা و سيمودوسيا نودوسا لاضطرابات الوسط، بالإضافة إلى المنافسة بين النوعين مع أسطوانة الطحالب كوليربا التي تم إدخالها. تفتح هذه الحساسية للظروف البيئية أفقاً مثيرة للاهتمام لاستخدام كثافة خلايا التانين كوصف (علامة حيوية بيئية) في برامج الرصد الساحلية. علاوة على ذلك، فإن الارتباط بين كثافة ومؤشر خلايا التانين في النباتات 2 التي تمت دراستها ليس مهماً. يؤكد القدرة التكميلية.

**الكلمات المفتاحية:** بوسيدونيا أوسيانিকা, سيمودوسيا نودوسا, خلايا التانين, البيومترية الورقية, تشريح.

# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Généralités.....</b>	<b>3</b>
1.1. Présentation des Magnoliophytes marines.....	3
1.2. Caractéristiques morphologique et anatomique de <i>Posidonia oceanica</i> .....	5
1.2.1. Rhizomes.....	5
1.2.2. Feuille.....	6
1.3. Caractéristiques morphologique et anatomique de <i>Cymodocea nodosa</i> .....	8
1.3.1. Rhizomes.....	9
1.3.2. Feuilles .....	10
<b>2. Matériel et méthodes .....</b>	<b>13</b>
2.1. Présentation des stations d'étude .....	13
2.1.1. La station de Kouali .....	13
2.1.2. La station de Sidi-Fredj.....	14
2.1.3. La station d'Oued El Ballaa .....	14
2.1.4. La station de la Corne d'Or.....	14
2.1.4. La station de Sassel .....	15
2.2. Prélèvement des échantillons.....	15
2.3. Traitement au laboratoire.....	15
2.3.1. Etude des paramètres biométriques.....	15
2.3.2. Dénombrement des cellules à tanins .....	17
2.4. Traitements statistiques.....	21
<b>3. Résultats et Discussion .....</b>	<b>22</b>
3.1. Paramètres biométriques des feuilles globales .....	22
3.1.1. Nombre des feuilles par faisceau .....	22
3.1.2. Longueur des feuilles .....	23
3.1.3. Largeur des feuilles .....	24
3.1.4. Epaisseur des feuilles .....	26
3.1.5. Coefficient Ade Giraud .....	27
3.1.6. Surface Foliaire .....	28
3.2. Distribution des cellules à tanins .....	30
3.2.1. Densité et indice des cellules à tanins .....	30
3.2.2. Densité des cellules à tanins par rangs des feuilles .....	31
3.2.3. Densité des cellules à tanins en fonction des stations .....	32

3.2.4. Corrélation entre la densité des cellules à tanins chez les 2 espèces.....	34
<b>Conclusion .....</b>	<b>35</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>37</b>

## Liste des Figures

<b>Figure 1.</b> Classification des Magnoliophytes marines (d'après <a href="https://www.algaebase.org/">https://www.algaebase.org/</a> ). .....	3
<b>Figure 2.</b> Morphologie de <i>Posidonia oceanica</i> .....	5
<b>Figure 3. (a)</b> : Portion centrale d'une coupe transversale colorée du rhizome de <i>Posidonia oceanica</i> observée au microscope (G : 10X). <b>(b)</b> : Observation de faisceaux vasculaires (FV), de cellules à tanins (CT), de cellules parenchymateuses (CP) et de Zones lacunaires (ZL). 6	6
<b>Figure 4.</b> Coupe transversale du limbe d'une feuille âgée de <i>Posidonia oceanica</i> observée au microscope (G : 40X). .....	7
<b>Figure 5. (a)</b> : Coupe transversale du pétiole de <i>Posidonia oceanica</i> observée au microscope (G : 5X). <b>(b)</b> : Observation de la coupe transversale de la partie latérale du pétiole au G : 40X. ....	8
<b>Figure 6.</b> Morphologie de <i>Cymodocea nodosa</i> .....	9
<b>Figure 7. (a)</b> : Portion d'une coupe transversale colorée du rhizome de <i>Cymodocea nodosa</i> observée au microscope (G : 10X). <b>(b)</b> : Observation de faisceau vasculaire (FV), de cellules à tanins (CT), de cellules de parenchyme (CP) et de zones lacunaires (ZL) (G : 40X). <b>(c)</b> : Observation d'une coupe transversale complète (G : 50X).....	10
<b>Figure 8. (a)</b> : Coupe transversale du limbe d'une feuille indifférenciée « jeune » de <i>Cymodocea nodosa</i> observée au microscope (G : 40X). <b>(b)</b> Observation de la coupe transversale complète (G : 10X).....	11
<b>Figure 9. (a)</b> : Coupe transversale du pétiole de <i>Cymodocea nodosa</i> observée au microscope (G : 5X). <b>(b)</b> : Observation d'une portion de la coupe transversale (G : 10X).....	12
<b>Figure 10.</b> Localisation des stations d'étude.....	13
<b>Figure 11.</b> Photo représentant la dissection d'un faisceau de <i>Posidonia oceanica</i> . .....	16
<b>Figure 12.</b> Photo représentant la dissection d'un faisceau de <i>Cymodocea nodosa</i> . .....	16
<b>Figure 13.</b> Positionnement d'une coupe transversale au niveau apicale du limbe d'une feuille de <i>Posidonia oceanica</i> <b>(a)</b> , G : 5X <b>(b)</b> , G : 10X <b>(c)</b> , G : 40X <b>(d)</b> . .....	18
<b>Figure 14.</b> Positionnement des coupes transversales le long du limbe d'une feuille de <i>Cymodocea nodosa</i> <b>(a)</b> , Partie apicale <b>(b)</b> , Partie médiane <b>(c)</b> , Partie basale <b>(d)</b> . (G : 40X). .....	19
<b>Figure 15.</b> Protocole de coloration des cellules à tanins (selon Gutmann (1995), modifié). .....	20

<b>Figure 16.</b> Nombre moyen des feuilles par faisceau au niveau des stations étudiées chez <i>Posidonia oceanica</i> (a) et <i>Cymodocea nodosa</i> (b).....	22
<b>Figure 17.</b> Longueurs moyennes des feuilles au niveau des stations étudiées chez <i>Posidonia oceanica</i> (a) et <i>Cymodocea nodosa</i> (b).....	23
<b>Figure 18.</b> Largeurs moyennes des feuilles au niveau des stations étudiées chez <i>Posidonia oceanica</i> (a) et <i>Cymodocea nodosa</i> (b).....	25
<b>Figure 19.</b> Epaisseur moyenne des feuilles au niveau des stations étudiées chez <i>Posidonia oceanica</i> (a) et <i>Cymodocea nodosa</i> (b).....	26
<b>Figure 20.</b> Coefficient A de Giraud moyen des feuilles au niveau des stations étudiées chez <i>Posidonia oceanica</i> (a) et <i>Cymodocea nodosa</i> (b).....	27
<b>Figure 21.</b> Surface foliaire moyenne au niveau des stations étudiées chez <i>Posidonia oceanica</i> (a) et <i>Cymodocea nodosa</i> (b).....	29
<b>Figure 22.</b> Corrélation entre la densité et l'indice de cellules à tanins dans les feuilles de <i>Posidonia oceanica</i> (test Spearman $R = 0.78$ , $p < 0.05$ ) (a) et <i>Cymodocea nodosa</i> (test Spearman $R = 0.89$ , $p < 0.05$ ) (b) .....	30
<b>Figure 23.</b> Densité des cellules à tanins chez <i>Posidonia oceanica</i> en fonction des rangs d'insertions des feuilles (Rang 1 : feuille la plus âgée et Rang 5 la feuille la plus jeune). .	31
<b>Figure 24.</b> Densité des cellules à tanins chez <i>Cymodocea nodosa</i> en fonction des rangs d'insertions des feuilles (Rang 1 : feuille la plus âgée et Rang 4 : feuille la plus jeune). ...	32
<b>Figure 25.</b> Densité moyenne des cellules à tanins au niveau des stations étudiées chez <i>Posidonia oceanica</i> (a) et <i>Cymodocea nodosa</i> (b).....	33
<b>Figure 26.</b> Corrélation entre la densité des cellules de tanins de <i>Posidonia oceanica</i> et <i>Cymodocea nodosa</i> (test Spearman $R = 0.15$ , $p = 0.059$ ). .....	34



# **Introduction**



## Introduction

En Méditerranée, en raison de leur répartition étendue, de leur mode de vie sédentaire et de leur sensibilité aux changements des conditions environnementales, les herbiers *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont couramment utilisés comme indicateurs biologiques de la qualité du milieu marin, (Pergent-Martini *et al.*, 2005 ; Adamakis *et al.*, 2018 ; Boumaza *et al.*, 2022).

*Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*, à l'instar d'autres Magnoliophytes marines, produisent des métabolites secondaires leur permettant de s'adapter et de s'acclimater aux agressions que subit le milieu marin et de se défendre contre les pressions biologiques telles que la concurrence, les pathogènes et les brouteurs (Zapata *et al.*, 1979 ; Mekini'cet *al.*, 2019).

Ces métabolites secondaires connus pour varier en fonction des conditions environnementales, biotiques et abiotiques, sont considérés comme des biomarqueurs de la qualité environnementale (Amsler et Fairhead, 2006 ; Celis-Plá *et al.*, 2014).

Parmi ces métabolites secondaires figurent les composés phénoliques, allant des molécules simples telles que les acides phénoliques libres et estérifiés, aux polymères plus complexes tels que les tanins (Micheli *et al.*, 2012 ; Stiger-Pouvreau *et al.*, 2014 ; Zidorn, 2016 ). Ils constituent l'un des groupes les plus importants de métabolites secondaires impliqués dans la défense des plantes (Clausen *et al.*, 1992) contre les herbivores (Barbehenn et Constable, 2011) et les infections (Furlan *et al.*, 2010).

Cependant, le rôle de ces composés phénoliques dans les mécanismes de défense de *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* contre les stress abiotiques et biotiques est encore peu documenté. Les quelques études réalisées à ce jour, concernent l'espèce *Posidonia oceanica* ; elles ont permis de mieux comprendre leur implication dans les interactions biotiques, notamment dans le cas de la compétition interspécifique avec les espèces envahissantes *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa cylindracea* (Ferrat *et al.*, 2003 ; Dumay *et al.*, 2004 ; Pergent *et al.*, 2008 ), la compétition intraspécifique (Rotini *et al.*, 2013), le broutage par les méso-herbivores (Boumaza *et al.*, 2014). Les stress abiotiques, tels que l'augmentation de l'enrichissement en azote causée par l'aquaculture (Leoni *et al.*, 2007), les rejets urbains et industriels (Boumaza *et al.*, 2022) et la contamination par le mercure (Ferrat *et al.*, 2003 ; Ferrat, 2012).

Objectifs de ce travail :

L'objectif principal de cette étude est d'établir un lien entre les stress environnementaux et la production des cellules à tanins, spécialisées dans l'accumulation des composés phénoliques, au niveau des feuilles de *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*.

Ce travail intègre une des thématiques abordée, depuis quelques années, par l'équipe Environnement et Ecosystèmes côtiers, à savoir l'utilisation de la densité des cellules à tanins chez *Posidonia oceanica* comme marqueur cellulaire de la qualité des milieux littoraux.

L'absence de données relatives à la connaissance de la variabilité des cellules à tanins chez l'espèce *Cymodocea nodosa*, à l'échelle de la Méditerranée, a motivé en grande partie ce travail, et ce, afin de mettre en évidence si la variabilité de la densité des cellules à tanins chez cette espèce pouvait être utilisée comme marqueur de stress au même titre que l'espèce *Posidonia oceanica*.

Enfin, la mise en œuvre d'une autre méthode d'estimation de la variabilité des cellules à tanins est également testée pour la première fois et sera comparée à celle utilisée par Boumaza *et al.* (2022).



# **Chapitre 1**

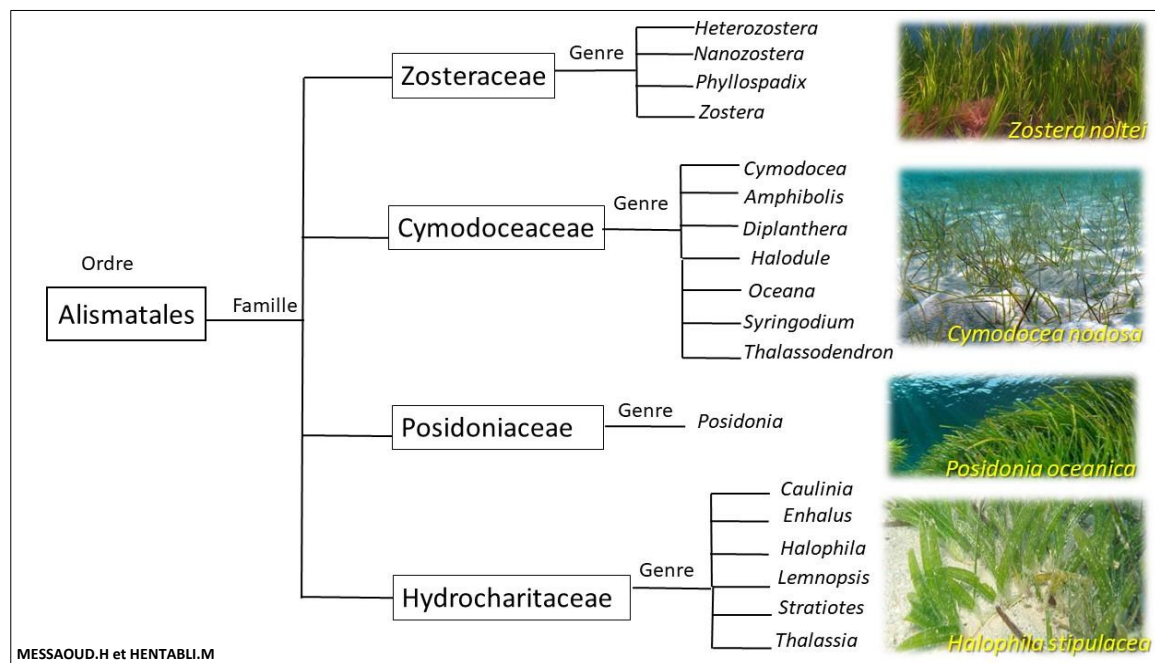
## **Généralités**



## 1. Généralités

### 1.1. Présentation des Magnoliophytes marines

Les Magnoliophytes marines sont des plantes à fleurs confinées à l'environnement marin. Elles se caractérisent par leur capacité à croître et à se reproduire en étant complètement submergées dans l'eau salée, en s'ancrant au substrat (Den Hartog, 1970). Elles constituent un groupe écologique comprenant un petit nombre de familles et de genres (Kuo et Den Hartog, 2000) (Figure 1).



**Figure 1.** Classification des Magnoliophytes marines (d'après <https://www.algaebase.org/>).

Un total de 72 espèces de Magnoliophytes marines (ou saumâtres) sont rencontrées au niveau mondial (Short *et al.*, 2011), dont 7 sont présentes en Méditerranée : *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, *Halophila stipulacea* (Forsskål) Ascherson, *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande, *Ruppia maritima* Linnaeus, *Zostera marina* Linnaeus et *Zostera noltei* (Hornemann) (Boudouresque *et al.*, 2016).

Les Magnoliophytes marines forment des herbiers qui sont rencontrés dans presque tous les environnements côtiers de la planète (McKenzie *et al.*, 2020). Ils figurent parmi les habitats les plus importants des milieux marins côtiers, et ce, en raison de la grande biodiversité des espèces qui leur est associée et des multiples services écologiques qu'ils fournissent (Nordlund *et al.*, 2016) :

- purification de l'eau ;
- oxygénation de l'eau ;
- stockage de carbone ;
- stabilisation des fonds et réduction de la vitesse des courants, ce qui, mécaniquement, limite l'érosion côtière ;
- production de matière organique ;
- source de nourriture, zone de frayère et de refuge pour de nombreux organismes tels que poissons d'intérêt commerciale ;
- séquestration du carbone, pouvant jouer un rôle majeur dans la régulation du climat ;
- aptitude à intégrer la qualité des eaux littorales.

Du fait de leur répartition en zone littorale, les herbiers de Magnoliophytes sont particulièrement exposés à toutes les perturbations, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique (Orth *et al.*, 2006 ; Marbà *et al.*, 2014). Des signes de régression, des herbiers, particulièrement au niveau des grands centres urbains, sont régulièrement rapportés dans la littérature (Semroud, 1993 ; Short et Wyllie-Echeverria, 1996 ; Boudouresque *et al.*, 2016 ; Sengouga *et al.*, 2019).

En Méditerranée, les 2 espèces de Magnoliophytes structurantes les plus importantes sont *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*. Cette dernière est considérée comme une espèce pionnière et semble plus tolérante aux fluctuations environnementales que *Posidonia oceanica* selon Pergent *et al.* (2014). Il a été démontré qu'une succession de communautés de *Cymodocea nodosa* précède souvent les communautés climaciques de *Posidonia oceanica* (Cancemi *et al.*, 2002).

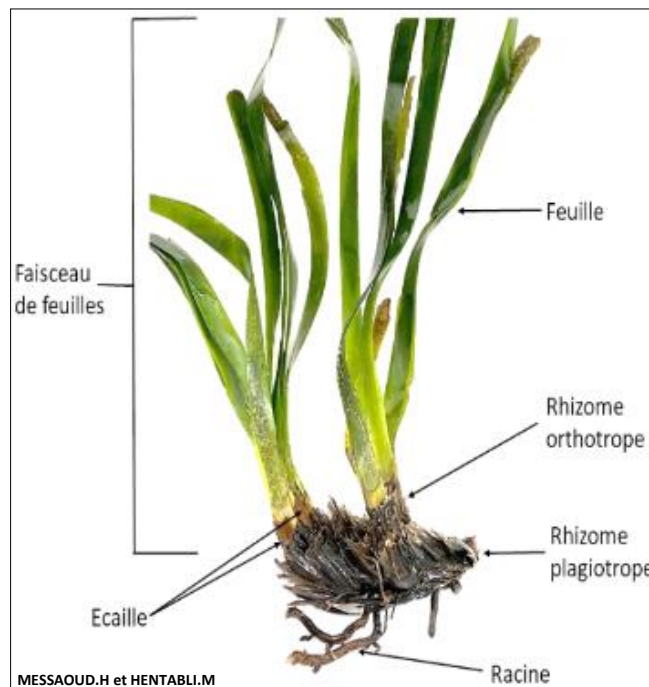
*Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* constituent d'excellents modèles de recherches, et de nombreuses études ont validé leur utilisation comme espèces sentinelles et biointégratrices de la qualité du milieu (Pergent-Martini *et al.*, 2005 ; Papathanasiou et Orfanidis, 2018 ; Tsioli *et al.*, 2022). Leur aptitude à enregistrer les conditions ambiantes du milieu peut se mesurer à différents niveaux :

- (i) Au niveau de la population : ex. position de la limite inférieure, densité, recouvrement,...
- (ii) Au niveau individuel : ex. biométrie foliaire, biomasse des épiphytes,...
- (iii) Au niveau cellulaire : ex. abondance des cellules à tanins,...

En effet, les Magnoliophytes marines appartenant aux familles des Posidoniaceae et Cymodoceae possèdent des cellules à tanins spécialisées dans la séquestration des composés phénoliques (Kuo et Mc Comb, 1989). Ces composés sont considérés comme des biomarqueurs de la qualité de l'environnement (Mannino et Micheli, 2020 ; Astudillo-Pascual *et al.*, 2021). Les cellules à tanins se retrouvent dans les différents tissus qui composent ces Magnoliophytes: feuilles (limbe et pétiole), rhizomes, racines, et leur nombre semble augmenter dans les milieux fortement anthropisés et lors de la compétition avec les espèces invasives *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa cylindracea* (Pergent, 1988 ; Pergent *et al.*, 2005 ; Boumaza *et al.*, 2022).

## 1.2. Caractéristiques morphologique et anatomique de *Posidonia oceanica*

*Posidonia oceanica* se distingue par sa structure caractéristique comprenant des feuilles, des rhizomes et un système racinaire (Boudouresque *et al.*, 2016) (Figure 2).

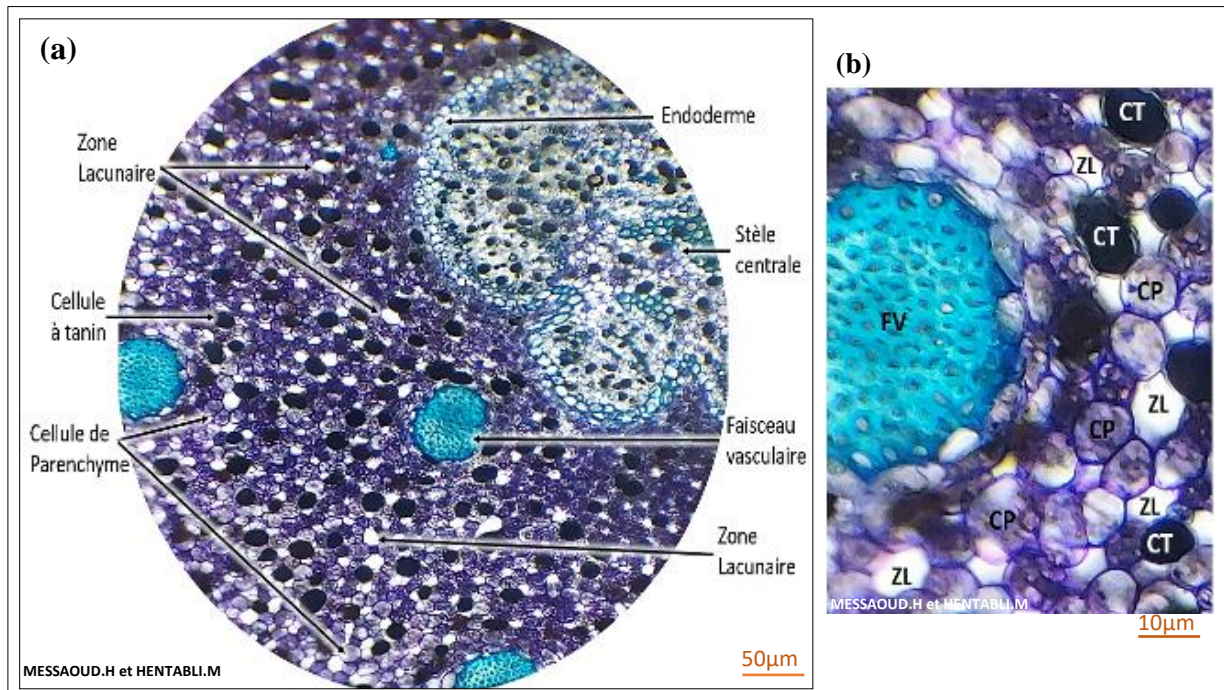


**Figure 2.** Morphologie de *Posidonia oceanica*

### 1.2.1. Rhizomes

*Posidonia oceanica* est constituée par des tiges, appelés rhizomes qui peuvent croître soit verticalement : rhizomes orthotropes, soit horizontalement : rhizomes plagiotropes (Caye, 1980).

**Anatomie des rhizomes :** En coupe transversale le rhizome montre la présence d'une stèle centrale entourée d'un endoderme bien visible (Kuo et Den Hartog, 2006). Un cortex cylindrique entoure l'endoderme et la stèle centrale (Figure 3a). Le cortex est composé d'un tissu parenchymateux qui contient des faisceaux vasculaires des zones lacunaires ou cellules d'aérenchyme et des cellules à tanins (Figure 3b). L'épiderme (non visible sur les photos) est distinct et recouvert d'une cuticule et peut contenir des cellules à tanins (Dural *et al.*, 2013).



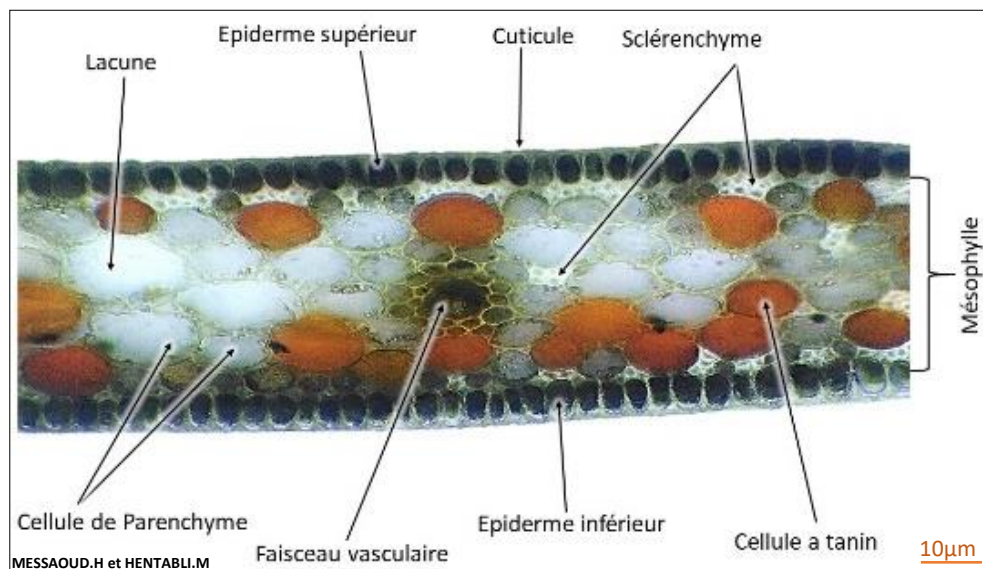
**Figure 3. (a) :** Portion centrale d'une coupe transversale colorée du rhizome de *Posidonia oceanica* observée au microscope (G : 10X). **(b) :** Observation de faisceaux vasculaires (FV), de cellules à tanins (CT), de cellules parenchymateuses (CP) et de zones lacunaires (ZL).

### 1.2.2. Feuille

Les feuilles de *Posidonia oceanica*, disposées de manière distique, sont rubanées, longues de 40 à 140 cm, larges de 7 à 14 mm et présentant entre 13 et 17 nervures. Elles sont regroupées en faisceaux, de 5 à 8 feuilles, situées à l'extrémité des rhizomes (Semroud *et al.*, 1992 ; Pergent-Martini et Le Ravallec, 2007). Les feuilles se forment au centre du faisceau et leur âge augmente à mesure qu'elles sont disposées vers l'extérieur. Elles n'acquièrent un pétiole qu'au fur et à mesure de leur vieillissement : les feuilles adultes sont celles qui ont un pétiole, tandis que les feuilles intermédiaires sont celles qui ne possèdent pas de pétiole (Giraud, 1979).

**Anatomie des limbes** : En coupe transversale le limbe montre que l'épiderme est recouvert d'une cuticule (Figure 4). Cette dernière lorsqu'elle est observée au microscope électronique montre une texture poreuse, qui peut servir de colonne d'échange ion-eau régulant le flux de nutriments entre les herbiers, les épiphytes et l'eau environnante (Kuo et Den Hartog, 2006).

Les cellules épidermiques sont riches en chloroplastes (Dural *et al.*, 2013 ; Mačić, 2014a). Cette caractéristique est une adaptation de la plante à la faible intensité lumineuse de son environnement aquatique (Kojić, 1984 ; Papenbrock, 2012). Les 2 épidermes se distinguent par leur épaisseur : l'épiderme supérieur « adaxial » est plus épais que l'épiderme inférieur « abaxial » (Mačić, 2014a).



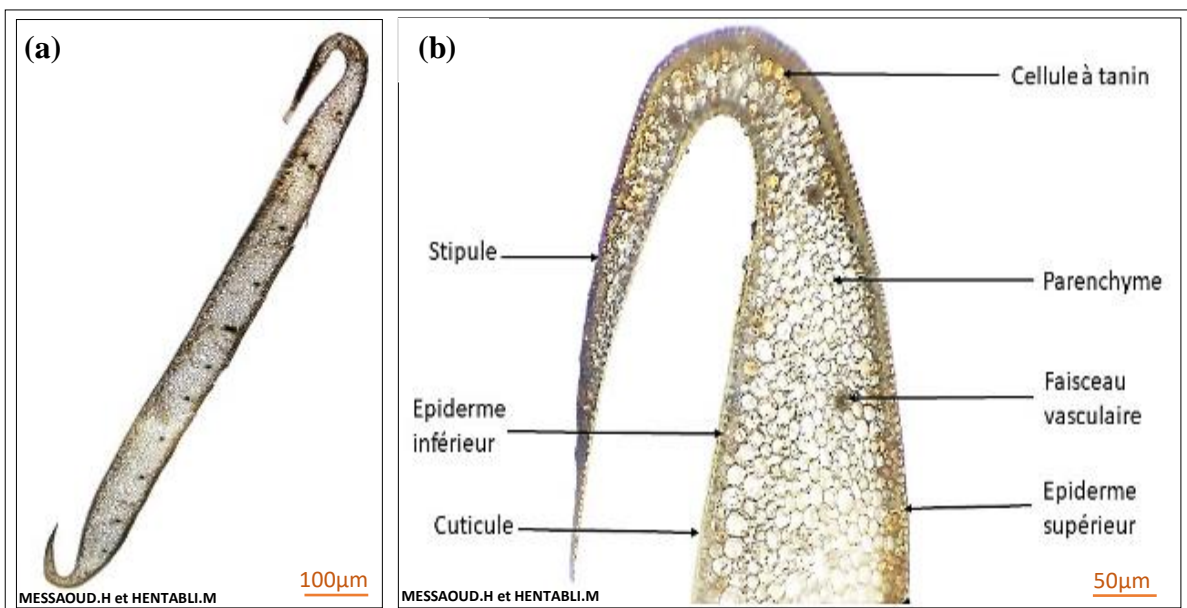
**Figure 4.** Coupe transversale du limbe d'une feuille âgée de *Posidonia oceanica* observée au microscope (G : 40X).

Les cellules du mésophylle renferment des cellules à tanins et de nombreuses lacunes d'air sont présentes, ce qui confère à ce tissu le nom d'aérenchyme (Dural *et al.*, 2013 ; Mačić, 2014a). En outre, sous les amas épidermiques, des cellules de sclérenchyme se répartissent sur les côtés du limbe, conférant ainsi de la robustesse à cette dernière (Dural *et al.*, 2013). Les faisceaux vasculaires ou libéro-ligneux se trouvent dans le tissu mésophyllien, comparés aux plantes vasculaires terrestres, ils sont de tailles réduites et un nombre compris entre 13 et 15 comme rapporté par Mačić (2014a) et plus de 20 rapporté par Semroud *et al.* (1992). La limite vasculaire centrale est légèrement plus grande que les autres et positionnées davantage sur le côté dorsal (Mačić, 2014a).

**Anatomie des pétioles :** En coupe transversale le pétiole montre une forme caractéristique (Figures 5a et 5b), en raison de la présence de deux expansions latérales ou stipules étroitement repliées sur la feuille interne qui lui succède (Semroud, 1993). Le pétiole présente un épiderme composé d'une couche cellulaire quadrangulaire, sans chloroplastes, recouvertes d'une fine cuticule (Mačić, 2014a).

L'épiderme inférieur, situé du côté ventral, est constitué de cellules plus grandes par rapport à l'épiderme supérieur, situé du côté dorsal. De plus, les cellules de l'épiderme inférieur présentent des parois cellulaires d'épaisseur égale, tandis que les cellules de l'épiderme supérieur ont des parois cellulaires plus épaisses à la surface (Mačić, 2014a).

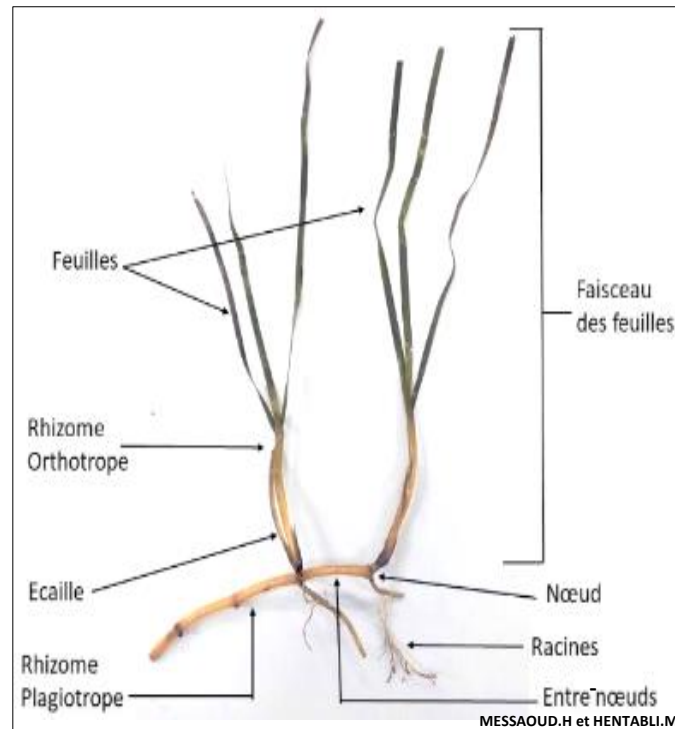
Dans le pétiole on dénombre entre 13 à 17 faisceaux vasculaires comme rapporté par Mačić (2014a).



**Figure 5. (a) :** Coupe transversale du pétiole de *Posidonia oceanica* observée au microscope (G : 5X). **(b) :** Observation de la coupe transversale de la partie latérale du pétiole au G : 40X.

### 1.3. Caractéristiques morphologique et anatomiques de *Cymodocea nodosa*

*Cymodocea nodosa* présente une structure classique d'une plante marine avec des feuilles, des rhizomes et des racines (Figure 6).

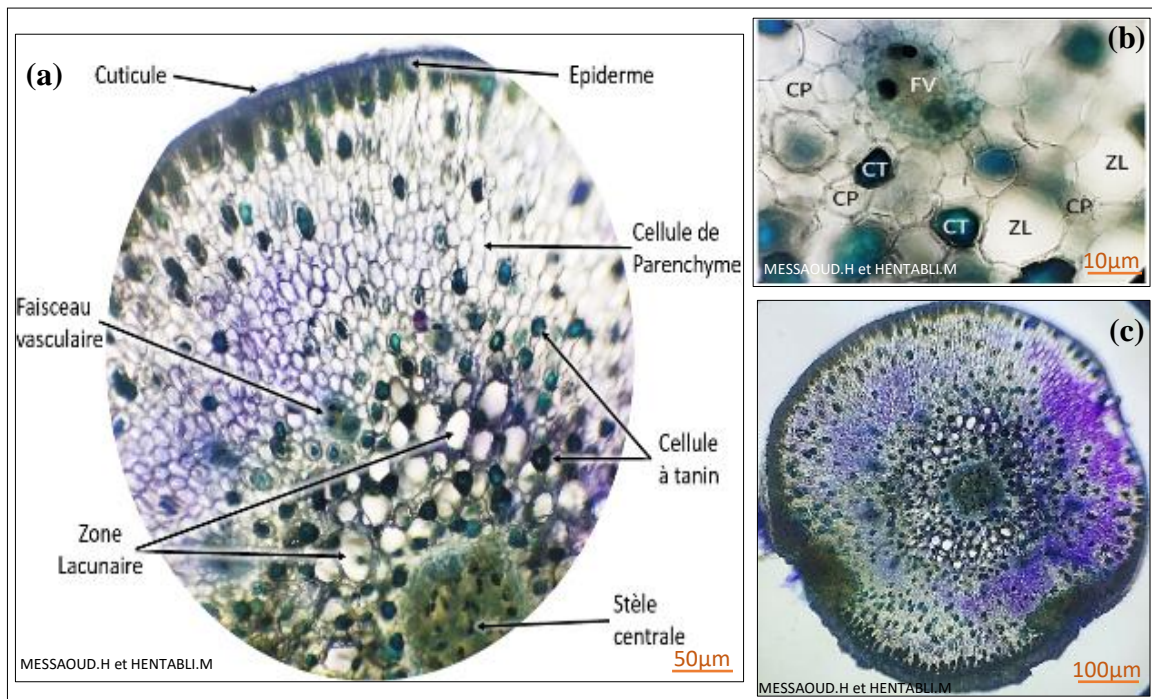


**Figure 6.** Morphologie de *Cymodocea nodosa*

### 1.3.1. Rhizomes

Les rhizomes plagiotropes ou stolons représentent les tiges rampantes de *Cymodocea nodosa*, d'un diamètre mince, de seulement quelques mm, et une forme cylindrique souvent annelée (Sghier, 2013). Ils montrent des séries successives d'entre-nœuds plus longs que ceux des rhizomes orthotropes (Caye, 1989).

**Anatomie des rhizomes :** En coupe transversale le rhizome montre la présence d'une stèle centrale d'un épiderme protégé par une cuticule et d'un tissu parenchymateux contenant des zones lacunaires, dans sa partie centrale et des cellules à tanins (Figures 7a, 7b et 7c) (Cuvillier, 2016).



**Figure 7.** (a) : Portion d'une coupe transversale colorée du rhizome de *Cymodocea nodosa* observée au microscope (G : 10X). (b) : Observation de faisceau vasculaire (FV), de cellules à tanins (CT), de cellules de parenchyme (CP) et de zones lacunaires (ZL) (G : 40X). (c) : Observation d'une coupe transversale complète (G : 50X).

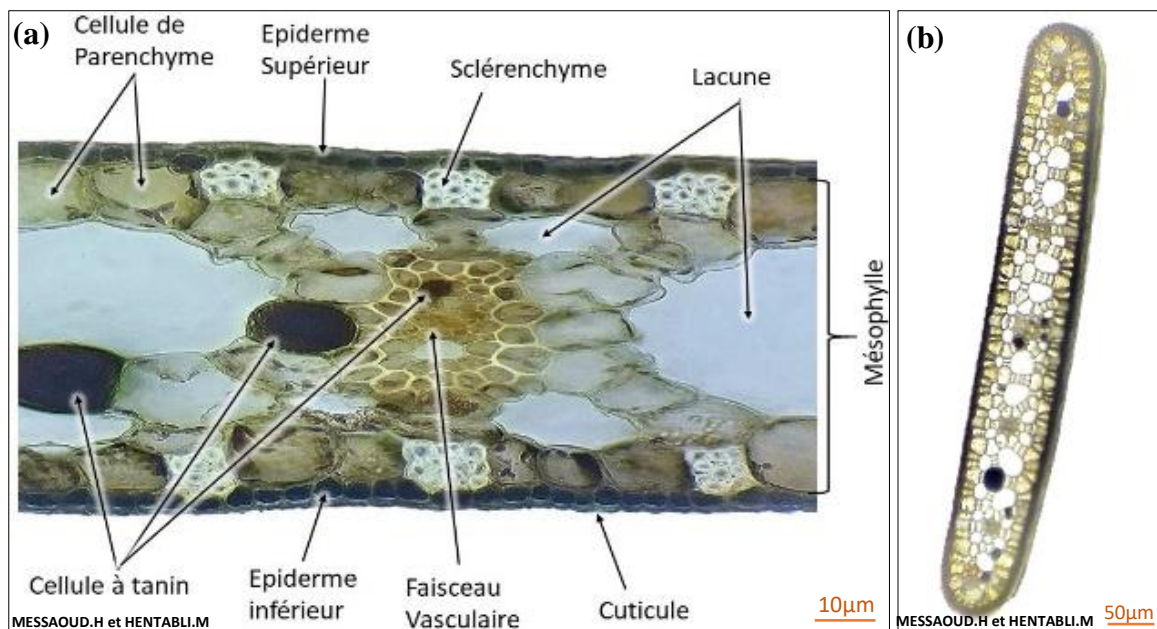
### 1.3.2. Feuilles

Les faisceaux de *Cymodocea nodosa* sont composés de 2 à 5 feuilles rubanées d'une longueur de 10 à 30 cm et d'une largeur de 2 à 4 mm. Les feuilles ont un bord dentelé à leur extrémité et sont dotées de 7 à 9 nervures (Phillips et Menez, 1988). Les feuilles se forment au centre du faisceau et leur âge augmente à mesure qu'elles sont disposées vers l'extérieur. Deux catégories de feuilles sont rencontrées : les feuilles "différenciées" sont celles qui ont un pétiole, tandis que les feuilles "indifférenciées" sont celles qui ne possèdent pas de pétiole (Cancemi et al., 2002).

**Anatomie des limbes** : En coupe transversale le limbe montre que l'épiderme est recouvert d'une cuticule (Figures 8a et 8b), sans stomates (Kuo et den Hartog, 2006). Les cellules de l'épiderme supérieur (dorsal) et inférieurs (ventral) ne présentent pas de différences de taille, contrairement à la tendance observée chez *Posidonia oceanica*. Les cellules de l'épiderme supérieur ont une paroi cellulaire plus épaisse, ce qui indique une adaptation pour fournir une meilleure protection contre les impacts environnementaux externes (Kojić, 1984 ; Papenbrock, 2012).

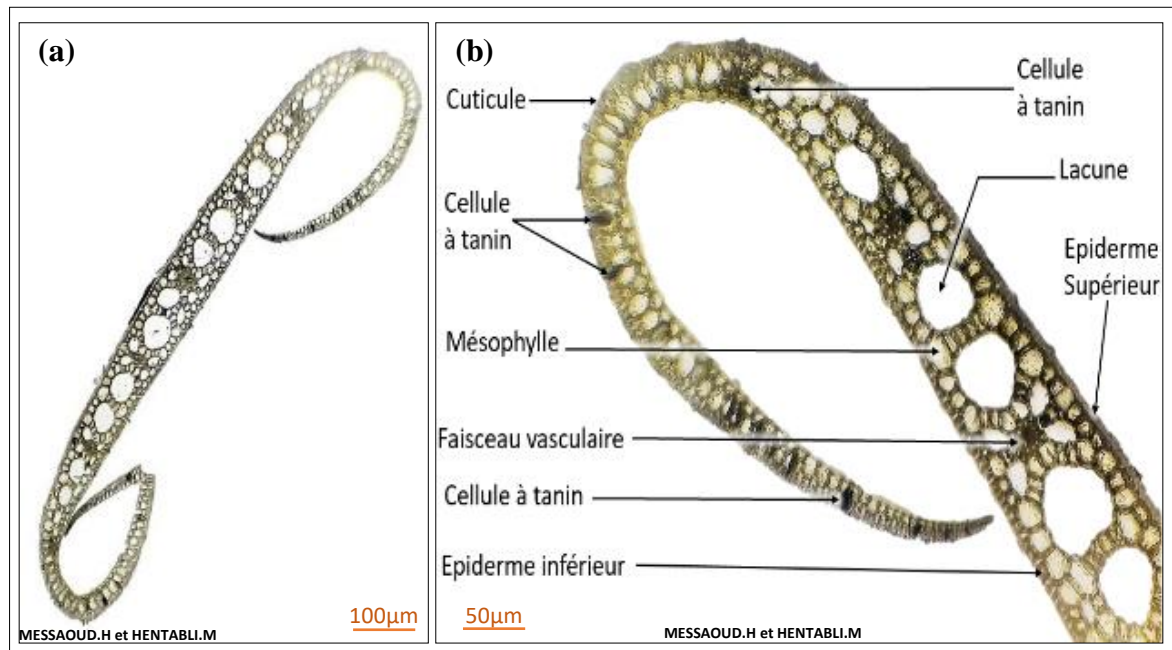
Les faisceaux vasculaires situés dans le mésophylle sont au nombre de 7 ; c'est un nombre réduit par rapport à celui retrouvé chez les plantes vasculaires (Kojić, 1984 ; Kuo et den Hartog, 2006).

Entre l'épiderme et le mésophylle, surtout à proximité des faisceaux vasculaires et sur les bords de la feuille, se trouve le tissu sclérenchymateux (Mačić, 2014b). Dans le mésophylle de nombreuses cellules à tanins sont observées ; elles sont de formes et de dimensions variées, mais sont généralement allongées et contiennent une grande vacuole (Mačić, 2014b).



**Figure 8. (a) :** Coupe transversale du limbe d'une feuille indifférenciée « jeune » de *Cymodocea nodosa* observée au microscope (G : 40X). **(b)** Observation de la coupe transversale complète (G : 10X).

**Anatomie des pétioles :** En coupe transversale, le pétiole a une forme caractéristique rappelant la lettre "C" (Figures 9a et 9b), en raison de 2 replis latéraux sur les jeunes feuilles tel que décrit par Mačić (2014b). Les cellules épidermiques sont polygonales, étroitement juxtaposées et allongées dans le sens de la croissance de la plante (Kuo et den Hartog, 2006). Les cellules épidermiques de l'épiderme supérieur sont plus petites que celles de l'épiderme inférieur, comme rapporté par Mačić (2014b).



**Figure 9.** (a) : Coupe transversale du pétiole de *Cymodocea nodosa* observée au microscope (G : 5X). (b) : Observation d'une portion de la coupe transversale (G : 10X).

Le tissu mésophylle, situé sous l'épiderme, est formé de cellules ayant une paroi cellulaire mince et un faible nombre de chloroplastes. Ces cellules sont entourées de grandes lacunes d'air, ce qui en fait un tissu d'aérenchyme (Mačić, 2014b). La présence de ce tissu est une adaptation des plantes aquatiques à la faible teneur en oxygène (Terrados *et al.*, 1999 ; Kuo et den Hartog, 2006).

Les faisceaux vasculaires sont situés dans le tissu de mésophylle, un total de 7 faisceaux vasculaire est observé et celui qui est situé au centre est légèrement plus grand (Figure 9a) comme déjà rapporté par Mačić (2014b). De nombreuses cellules à tanins sont retrouvées dans le tissu mésophylle des pétioles, et elles se trouvent plus souvent dans les rabats latéraux et présentent une concentration plus élevée que dans les limbes des feuilles, comme déjà rapporté par Mačić (2014b).



# **Chapitre 2**

## **Matériel et méthodes**



## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Présentation des stations d'étude

Un total de 5 stations est considéré dans le cadre de cette étude, elles correspondent à des zones où l'on retrouve des herbiers superficiels, à très faible profondeur entre 30 et 80 cm : Sassel (Aïn Témouchent), Oued El Ballaa (Cherchell), Kouali, la Corne d'Or et Sidi Fredj (Baie de Bou Ismaïl).

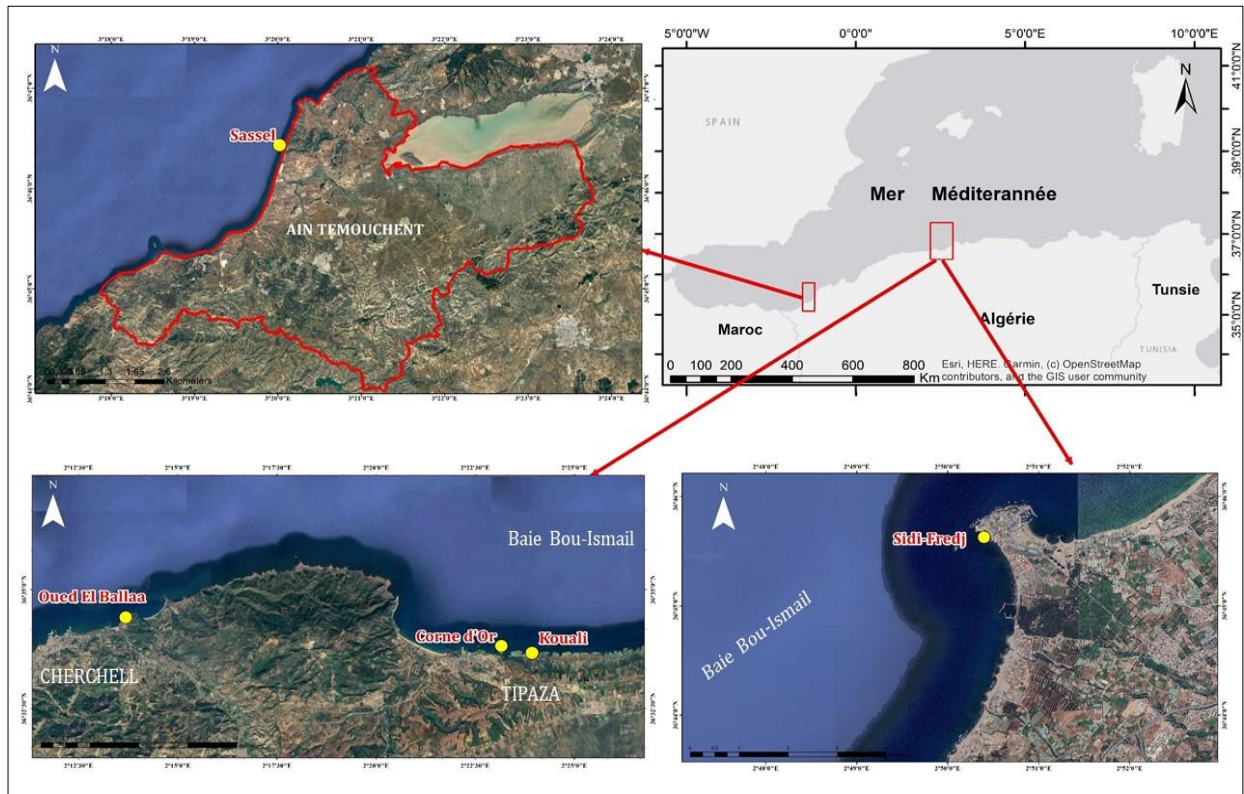


Figure 10. Localisation des stations d'étude.

#### 2.1.1. La station de Kouali

C'est une station qui est située à l'est de la commune de Tipasa, dans la partie occidentale de la baie de Bou Ismaïl. Elle est caractérisée par la présence de plusieurs paysages marins remarquables et menacés de Méditerranée : récif-barrière à *Posidonia oceanica*, trottoirs à vermetes (bio-constructions) et prairie mixte à *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltei* (Boumaza, 1995 ; PNUE-UICN-GIS Posidonie, 1990). La station se caractérise par une faible pression anthropique, seule une fréquentation durant la saison estivale est enregistrée (Boumaza et Semroud, 2000). L'étude effectuée par Sengouga *et al.* (2019) a montré que cette station avait un statut écologique dit Très Bon.

### 2.1.2. La station de Sidi-Fredj

C'est une station qui se situe à proximité du centre de thalassothérapie Sidi-Fredj. Elle se trouve régulièrement exposée à une multitude de polluants provenant des rejets des zones urbaines environnantes, ainsi que des déchets laissés par les estivants. Cependant, c'est principalement le centre de thalassothérapie qui contribue de manière significative à cette pollution, en rejetant des eaux usées ainsi que de l'eau de mer chauffée utilisée à des fins sanitaires. Une cartographie montrant la répartition des herbiers à *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* et *Caulerpa cylindracea* a été réalisée par Lamouti (2010). Quant à l'étude effectuée par Boumaza *et al.* (2015), elle a montré que cette station avait un statut écologique dit Modérée.

### 2.1.3. La station d'Oued El Ballaa

Cette station est située dans la commune de Cherchell, dans la wilaya de Tipasa. Elle est entourée par des montagnes et abrite des activités agricoles, ce qui peut impliquer l'utilisation de pesticides et d'engrais, à même d'avoir un impact sur le milieu marin lors du lessivage. En outre, selon Amrani *et al.* (2021), cette région présente une vulnérabilité très élevée aux risques d'érosion et de submersion à laquelle s'ajoutent les eaux charriées par l'Oued El Ballaa qui se déversent directement au niveau de la plage du même nom. Tous ces facteurs peuvent potentiellement entraîner des impacts sur les 2 Magnoliophytes *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* présentes au niveau de cette station.

### 2.1.4. La station de la Corne d'Or

Cette station est située dans la commune de Tipasa, où l'on trouve des eaux relativement propres abritant une forte biodiversité, notamment les Magnoliophytes *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* et une forte abondance d'oursins (Daoudi et Hasna, 2015). Cette station correspond à une zone forestière et la côte se caractérise par des falaises abruptes plus ou moins hautes selon les endroits (Bakalem, 2003).

Cette station est soumise à une forte fréquentation durant la saison estivale. Notons également, la présence des espèces introduites *Caulerpa cylindracea* et *Oculina patagonica* (Lamouti *et al.*, 2011).

#### 2.1.4. La station de Sassel

Cette station localisée, dans la wilaya d'Aïn Témouchent est difficilement accessible. Les 2 Magnoliophytes *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* y sont rencontrées. Il convient de noter la présence d'une population importante de *Caulerpa cylindracea* et cette station est identifiée comme subissant une pression anthropique dite modérée selon Bentaallah (2021).

#### 2.2. Prélèvement des échantillons

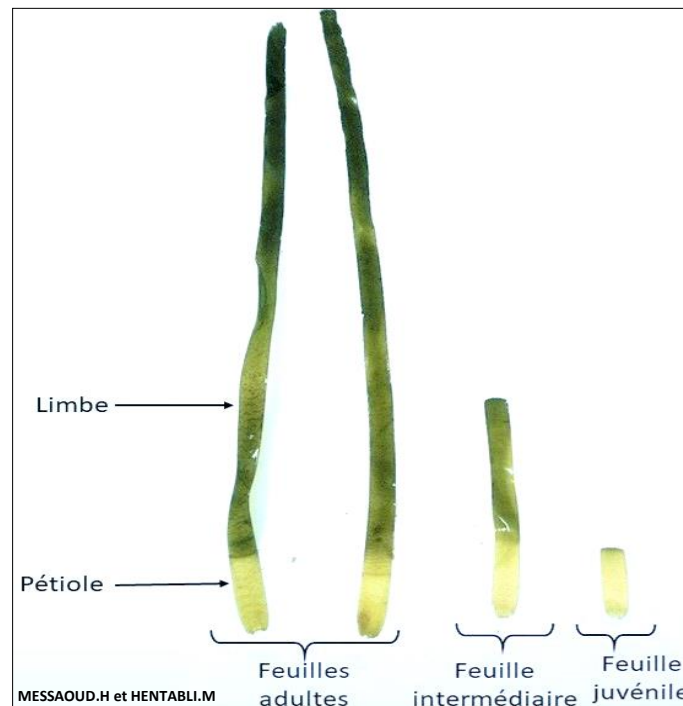
Les prélèvements ont été effectués manuellement, *in situ* lors de plongées en apnée à une faible profondeur. Au total, 20 faisceaux orthotropes ont été récoltés à niveau de chaque station, comprenant 10 faisceaux de *Posidonia oceanica* et 10 faisceaux de *Cymodocea nodosa*. Les faisceaux prélevés sont ensuite conservés dans une solution d'eau de mer formolée à 10%, dans des bocaux en verre bien fermés et étiquetés, en attendant leur étude au laboratoire. La conservation prolongée dans le formol permet de mettre en évidence les cellules à tanins présentes dans les tissus, ce qui facilite leur identification.

#### 2.3. Traitement au laboratoire

##### 2.3.1. Etude des paramètres biométriques

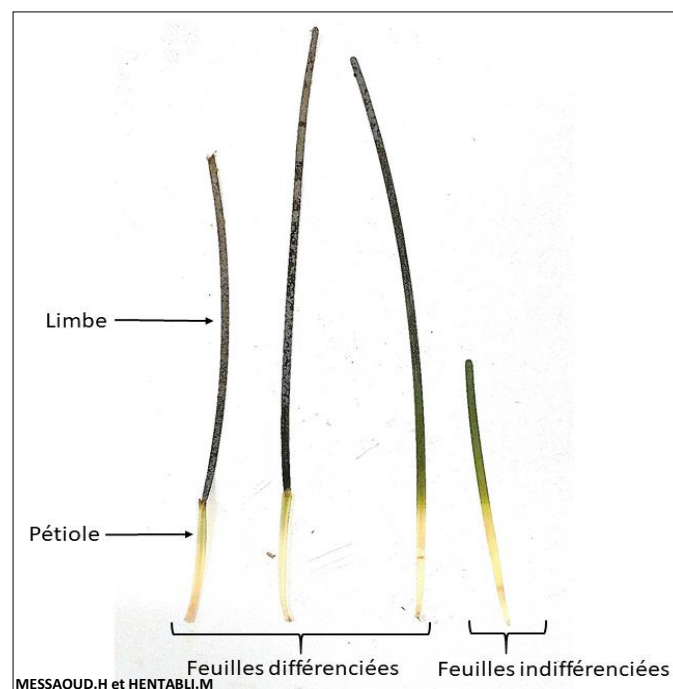
Pour chaque station les faisceaux foliaires de *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont décortiqués en respectant l'ordre d'insertion distique des feuilles. Les feuilles se forment au centre du faisceau et leur âge augmente donc à mesure qu'elles sont disposées vers l'extérieur.

Pour *Posidonia oceanica*, nous avons suivi le protocole établi par Giraud (1979) pour l'étude de la biométrie foliaire. Les feuilles sont donc regroupées comme suit (Figure 11) : les feuilles adultes, pourvues d'un pétiole (supérieure ou égale à 2 mm) ; les feuilles intermédiaires, dépourvues de pétiole ou dont le pétiole (inférieur à 2 mm) et les feuilles juvéniles, dépourvues de pétiole et de longueur n'excédant pas 50 mm (non prises en compte lors de cette étude).



**Figure 11.** Photo représentant la dissection d'un faisceau de *Posidonia oceanica*.

Pour *Cymodocea nodosa* et selon le protocole de Caye (1989), 2 catégories de feuilles sont distinguées : celles qui sont différenciées « âgées », situées en périphérie et munies d'un pétiole (pétiole  $\geq 2$  mm), et celles qui ne sont pas différenciées « jeunes » et dépourvues de pétiole ou dont le pétiole (inférieur à 2 mm) (Figure 12).



**Figure 12.** Photo représentant la dissection d'un faisceau de *Cymodocea nodosa*.

Une fois les faisceaux décortiqués, nous mesurons :

- La longueur totale, qui dans le cas des feuilles adultes chez *Posidonia oceanica* et des feuilles différenciées « âgées » chez *Cymodocea nodosa* comprend la longueur du pétiole et celle du limbe. Tandis que pour les feuilles intermédiaires et indifférenciées, respectivement chez *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*, la longueur totale correspond uniquement à la longueur des limbes.
- La largeur des feuilles, est mesurée, chez les 2 espèces et pour toutes les catégories de feuilles, au milieu de leur longueur.
- Pour chaque feuille nous notons l'état de l'apex (entier ou cassé). En effet, les feuilles peuvent être amputées de leurs extrémités en raison du broutage par les saupes (*Sarpa salpa*) et les oursins (*Paracentrotus lividus* et *Sphaerechinus granularis*) (Boudouresque et Meinesz, 1982) et de l'hydrodynamisme (Mazzella *et al.*, 1991).

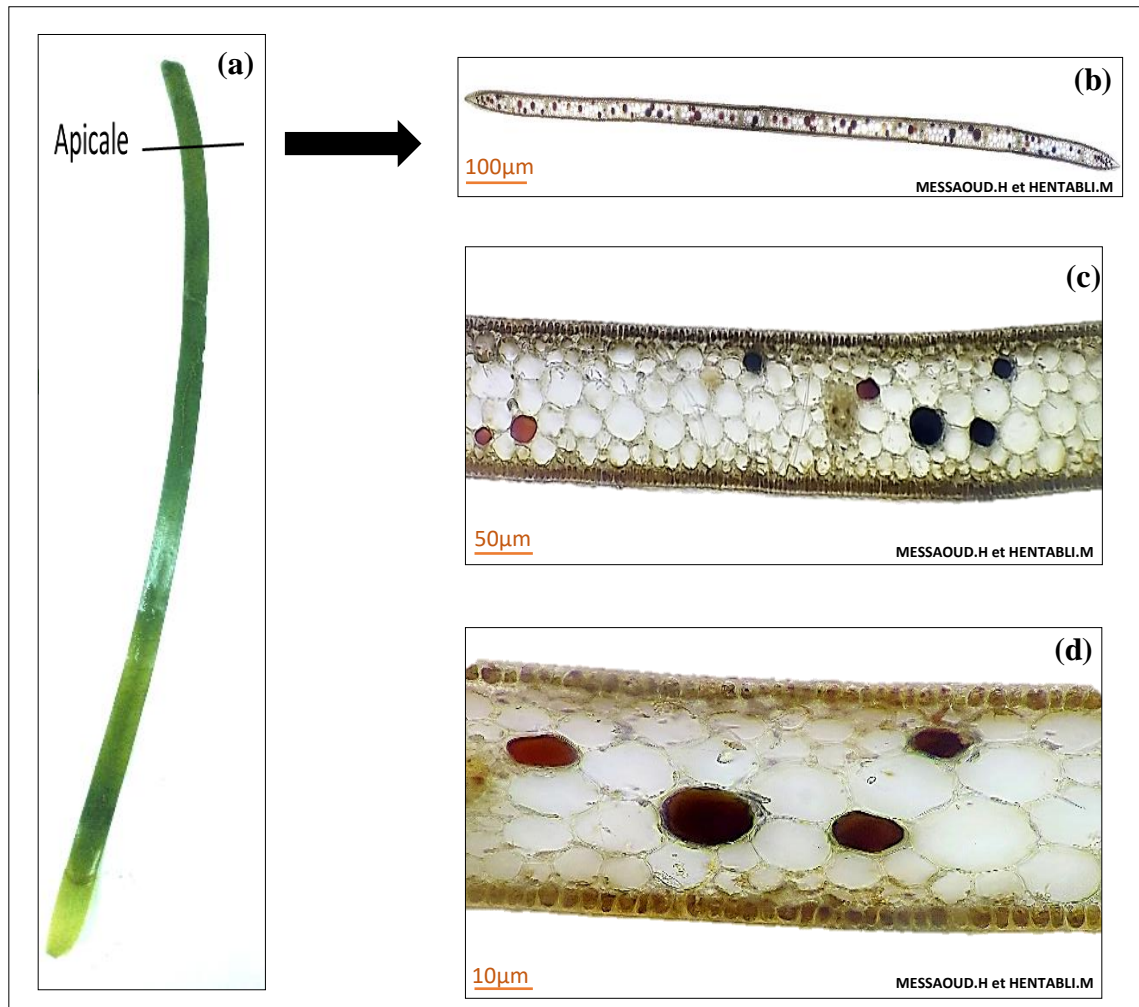
Une fois les mesures sur l'ensemble des faisceaux terminées, différents paramètres liés à la biométrie foliaire de *Cymodocea nodosa* et *Posidonia oceanica* sont déterminés :

- Le nombre moyen de feuilles par faisceau.
- La longueur et la largeur moyennes des feuilles par faisceau.
- La surface foliaire par faisceau, exprimée en cm<sup>2</sup>.
- Le coefficient A de Giraud moyen, qui rend compte de la pression de broutage et/ou de l'hydrodynamisme, est déterminé en calculant le pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex par rapport au nombre de feuilles globales par faisceau (Giraud, 1977).

## 2.3.2. Dénombrement des cellules à tanins

### 2. 3.2.1. Réalisation des coupes transversales

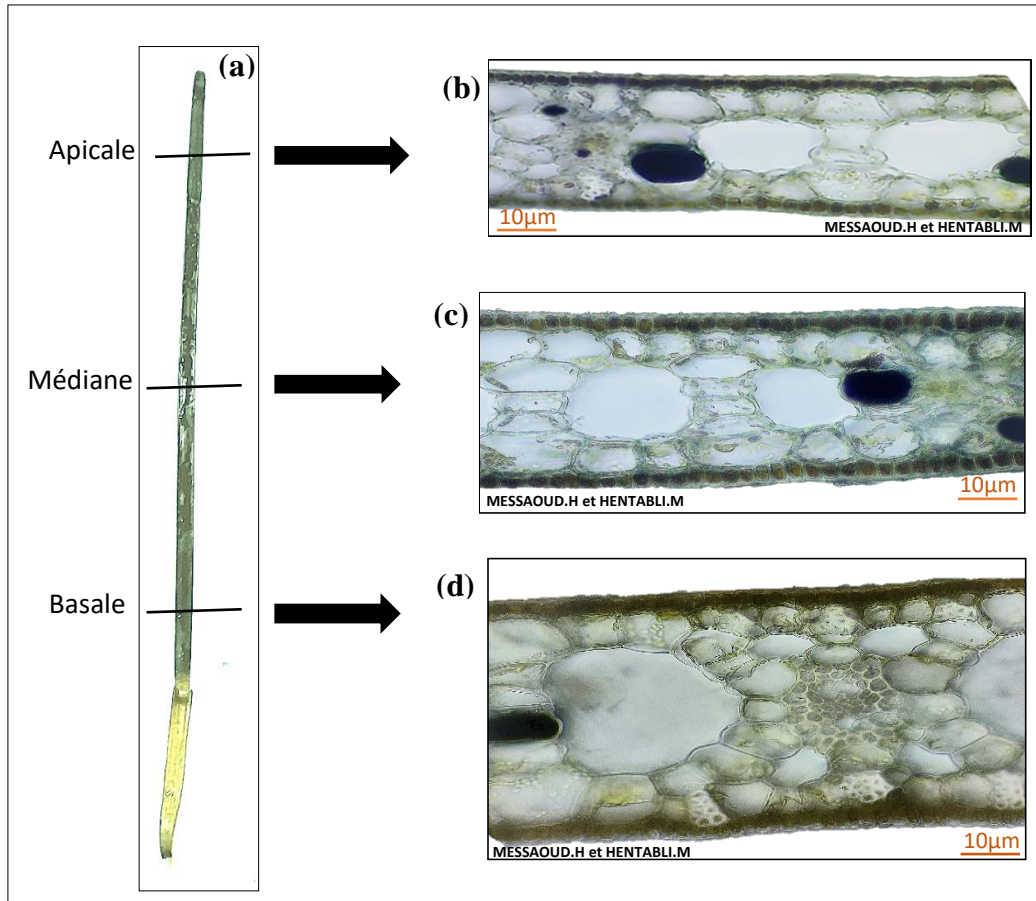
Une fois les mesures terminées pour chaque faisceau, nous procédons à la réalisation de coupes transversales au niveau de la partie apicale des limbes des feuilles, à environ 2 à 3 cm du bord de l'apex (Figure 13). En effet, il a été montré que la densité des cellules est plus importante dans les parties apicales des feuilles de *Posidonia oceanica*, et ce, quel que soit leur âge (Cariello et Zanetti, 1979 ; Rhoades, 1979 ; Boumaza *et al.*, 2022 ).



**Figure 13.** Positionnement d'une coupe transversale au niveau apicale du limbe d'une feuille de *Posidonia oceanica* (a), G : 5X (b), G : 10X (c), G : 40X (d).

En ce qui concerne *Cymodocea nodosa*, aucune étude relative à l'abondance et à la distribution des cellules à tanins n'a été réalisée à ce jour, nous avons donc effectué un travail préliminaire sur la base du protocole rapporté par Boumaza *et al.* (2022), afin de voir si la distribution des cellules à tanins le long des feuilles de *Cymodocea nodosa* était similaire à celle de *Posidonia oceanica*.

Le protocole consiste à effectuer des coupes dans les régions apicale, médiane et basale, des limbes des feuilles différenciées « âgées » et indifférenciées « jeunes ». Ce protocole a été appliqué sur 10 faisceaux (Figure 14).

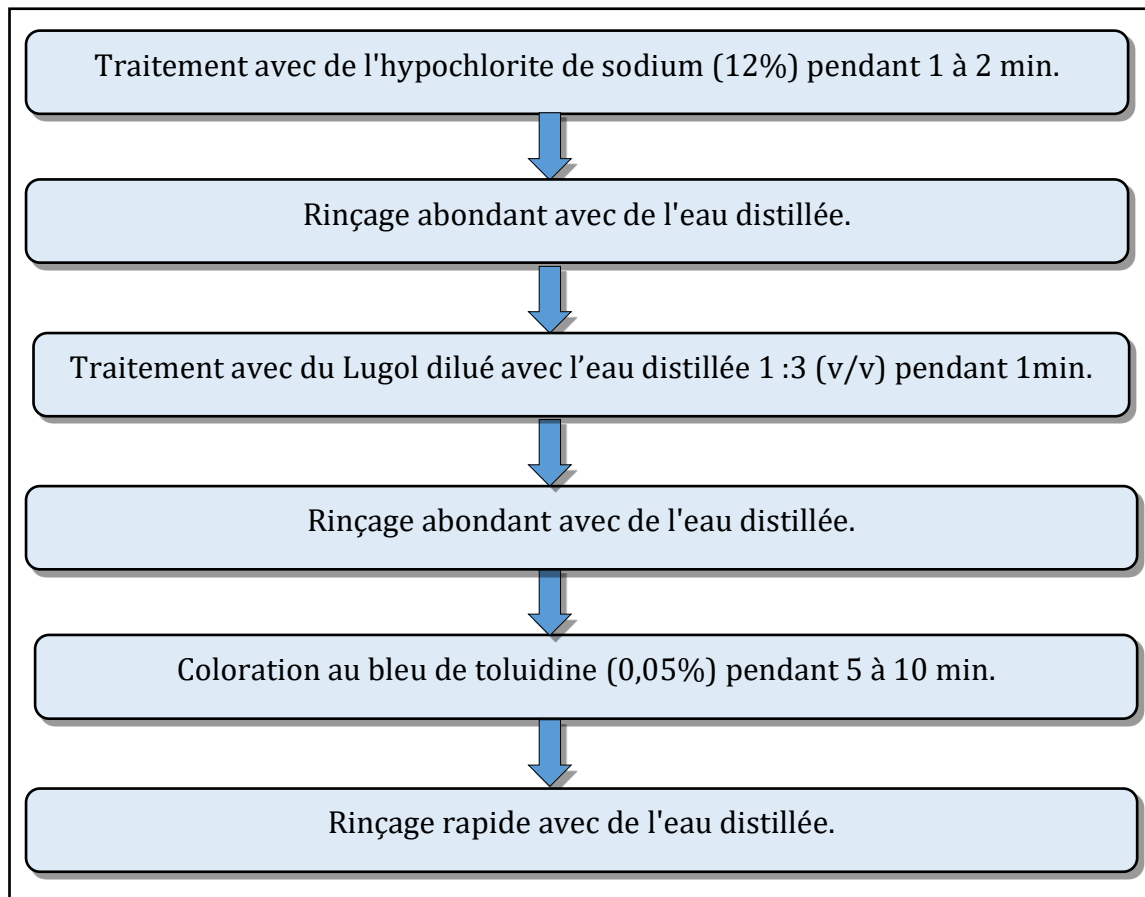


**Figure 14.** Positionnement des coupes transversales le long du limbe d'une feuille de *Cymodocea nodosa* (a), Partie apicale (b), Partie médiane (c), Partie basale (d). (G : 40X).

Les résultats obtenus montrent une similitude de la distribution des cellules à tanins le long des limbes de *Cymodocea nodosa* à celle observée chez *Posidonia oceanica* par Boumaza *et al.* (2022). Par conséquent, le protocole utilisé dans le cadre de cette étude est similaire pour les 2 Magnoliophytes ; à savoir un dénombrement des cellules à tanins au niveau des parties apicales.

### 2.3.2.2. Coloration des cellules à tanins

Un fois les coupes fines réalisées avec succès, nous les avons soumises à un traitement de coloration au bleu de toluidine (Figure 15).



**Figure 15.** Protocole de coloration des cellules à tanins (selon Gutmann (1995), modifié).

### 2.3.2.3. Dénombrement des cellules à tanins

Pour le dénombrement des cellules à tanins nous avons suivi le protocole de Boumaza *et al.* (2022), qui consiste à comptabiliser le nombre de cellules à tanins présentes au niveau de l'ensemble de la surface de la coupe transversale, effectuée dans la région apicale des limbes. Le comptage des cellules à tanins est effectué sous microscope optique au grossissement 40X. Ce dernier est préalablement étalonné en utilisant une lame micrométrique et un oculaire gradué pour chaque grossissement utilisé. L'utilisation de l'oculaire gradué nous a également permis de mesurer l'épaisseur de chaque coupe. Cette dernière mesure multipliée par la largeur des feuilles, déterminée préalablement lors de l'étude de la biométrie foliaire, permet de calculer la surface des coupes et donc de rapporter le nombre de cellules à tanins à la surface, ce que nous appellerons densité des cellules à tanins dans ce manuscrit.

Par ailleurs, nous avons également mis en œuvre une autre méthode, celle préconisée par Tessmer *et al.* (2014) qui permet de déterminer un indice à partir de la formule suivante :  $S/(S + E) \times 100$ , où S est le nombre des cellules à tanins par unité de surface et E le nombre de cellules de parenchyme au niveau de la même surface. Par conséquent, nous avons également dénombré le nombre de cellules parenchymateuses sur l'ensemble des coupes effectuées.

#### 2.4. Traitements statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le package R Commander, une surcouche dans l'environnement R4.1.2, open source (<https://www.r-project.org/>). Les tests statistiques utilisés sont réalisés au seuil de signification de 95%.

Pour la comparaison de moyennes, nous avons utilisé le test t de Student et son extension ANOVA à un facteur, dans le cas où nous avons plus de 2 groupes à comparer, et ce, lorsque les données respectaient les conditions de mise en œuvre des tests paramétriques : normalité des distributions des variables quantitatives, homogénéité des variances. Lorsque les conditions d'application de ce test ne sont pas vérifiées, nous avons utilisé le test non paramétrique U de Mann-Whitney et son extension le test de Kruskal-Wallis dans les cas où il y a plus de 2 groupes à comparer. Lorsque des différences significatives sont identifiées, nous avons utilisé un test post hoc de Tukey pour situer les différences entre stations. Pour la comparaison des pourcentages nous avons utilisé le test non paramétrique du Khi-deux. Enfin, nous avons utilisé la corrélation de Spearman pour évaluer : les relations entre la densité et l'indice des cellules à tanins et la densité des cellules à tanins entre les 2 espèces.



# **Chapitre 3**

## **Résultats et discussion**



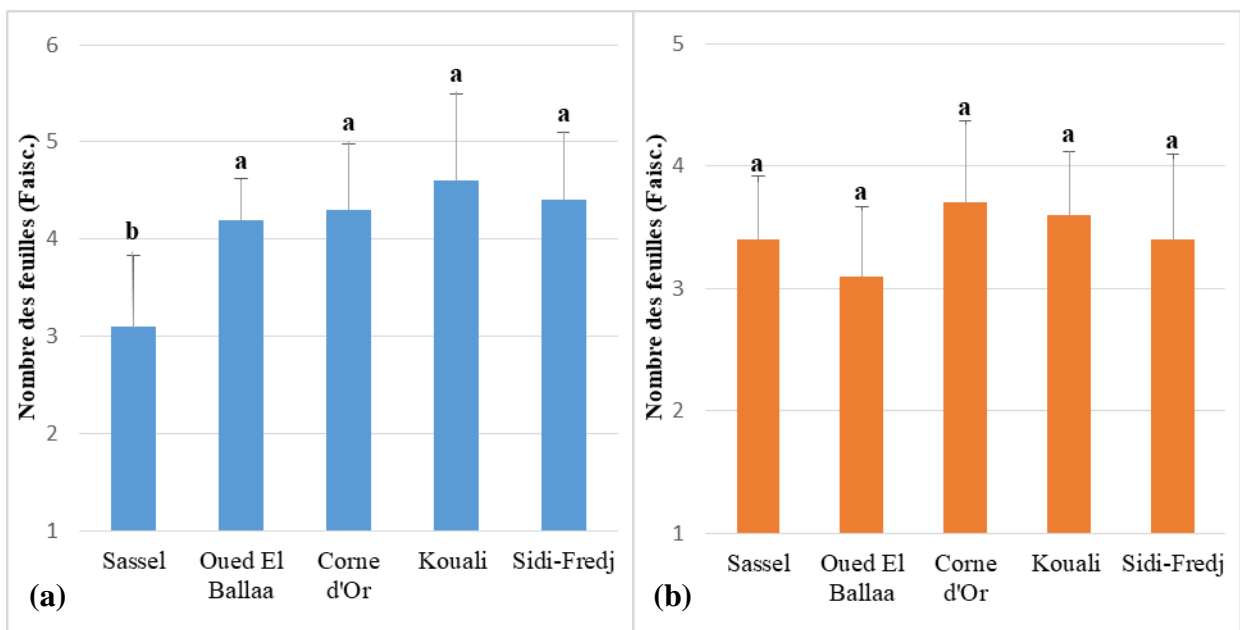
### 3. Résultats et Discussion

#### 3.1. Paramètres biométriques des feuilles globales

##### 3.1.1. Nombre des feuilles par faisceau

Le nombre moyen des feuilles par faisceau chez *Posidonia oceanica* présente des différences significatives en fonction des stations étudiées ( $p < 0.05$ , ANOVA). Le maximum est enregistré à Kouali ( $4.6 \pm 0.9$ ) et le minimum à Sassel ( $3.1 \pm 0.7$ ) (Figure 20). Le test post hoc de Tukey révèle 2 groupes de stations homogènes par leur nombre de feuilles : [Sassel], [Oued El Ballaa, Corne d'Or, Kouali, Sidi-Fredj].

Chez *Cymodocea nodosa* le nombre moyen des feuilles par faisceau ne présente pas de différences significatives en fonction des stations étudiées ( $p > 0.05$ , ANOVA) (Figure 16).



**Figure 16.** Nombre moyen des feuilles par faisceau au niveau des stations étudiées chez *Posidonia oceanica* (a) et *Cymodocea nodosa* (b).

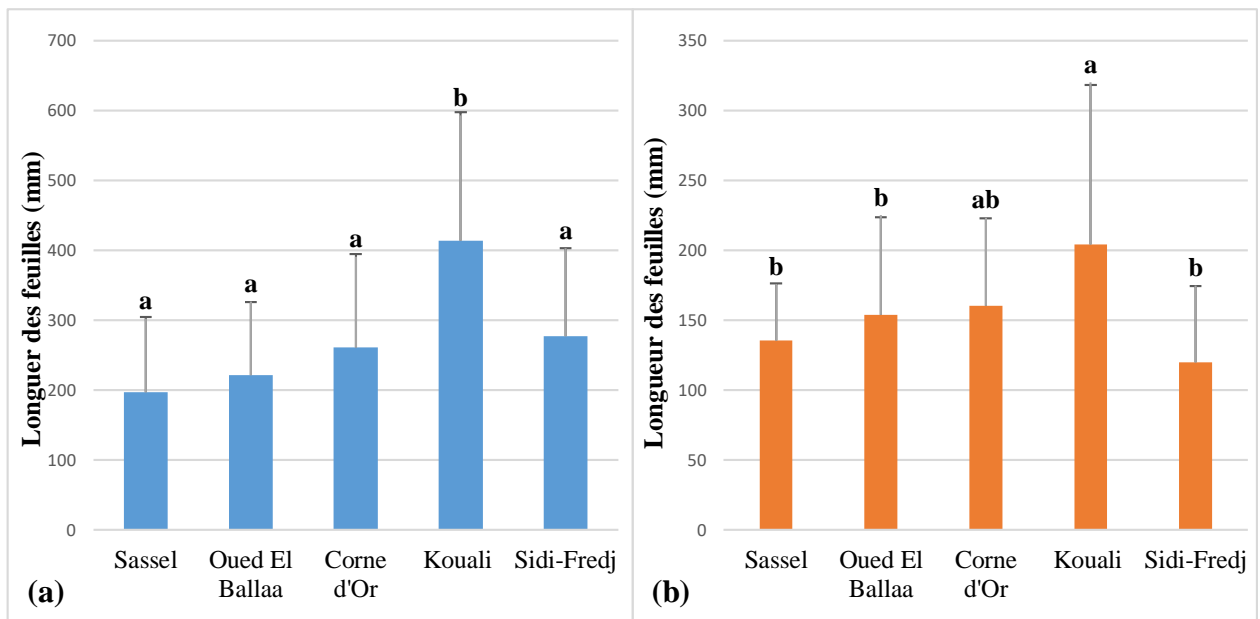
Les résultats obtenus sont permis d'individualiser la station de Sassel, en ce qui concerne *Posidonia oceanica*. En effet, les conditions environnementales propres à chaque milieu, telles que l'hydrodynamisme peuvent avoir une influence sur le rythme de chute et de formation des feuilles et donc modifier leur taux au sein du faisceau (Caye, 1989 ; Boumaza, 1995).

Généralement, il est admis que la variation du nombre de feuilles par faisceau chez *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* est attribuée à 2 facteurs : (1) un facteur interne à la plante, tel que la distance entre le faisceau et le rhizome plagiotrope, et (2) les fluctuations des facteurs environnementaux tels que la lumière et la température (Caye, 1989 ; Pergent *et al.*, 1994).

### 3.1.2. Longueur des feuilles

Les longueurs moyennes des feuilles de *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* présentent des différences significatives entre les stations étudiées ( $p < 0.05$ , ANOVA). Les valeurs maximales sont enregistrées à Kouali avec  $414.4 \pm 183.9$  mm et  $204.2 \pm 114.4$  mm, respectivement. Tandis que les longueurs moyennes minimales sont enregistrées à Sassel ( $197.0 \pm 108.1$  mm) pour *Posidonia oceanica* et à Sidi-Fredj ( $120.1 \pm 54.6$  mm) pour *Cymodocea nodosa* (Figure 17).

Le test post hoc de Tukey révèle 2 groupes de stations homogènes par la longueur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* : [Sassel, Oued El Ballaa, Corne d'Or, Sidi-Fredj], [Kouali] et 3 groupes de *Cymodocea nodosa* : [Sassel, Oued El Ballaa, Sidi-Fredj], [Corne d'Or], [Kouali].



**Figure 17.** Longueurs moyennes des feuilles au niveau des stations étudiées chez *Posidonia oceanica* (a) et *Cymodocea nodosa* (b).

La longueur des feuilles est considérée comme un indicateur couramment utilisé pour évaluer la santé et la vigueur des herbiers à Magnoliophytes. Ce paramètre est influencé par divers facteurs tels que la disponibilité de la lumière, la température, la pression de broutage et la concentration des nutriments dans l'environnement (Alcoverroet *al.*, 2001).

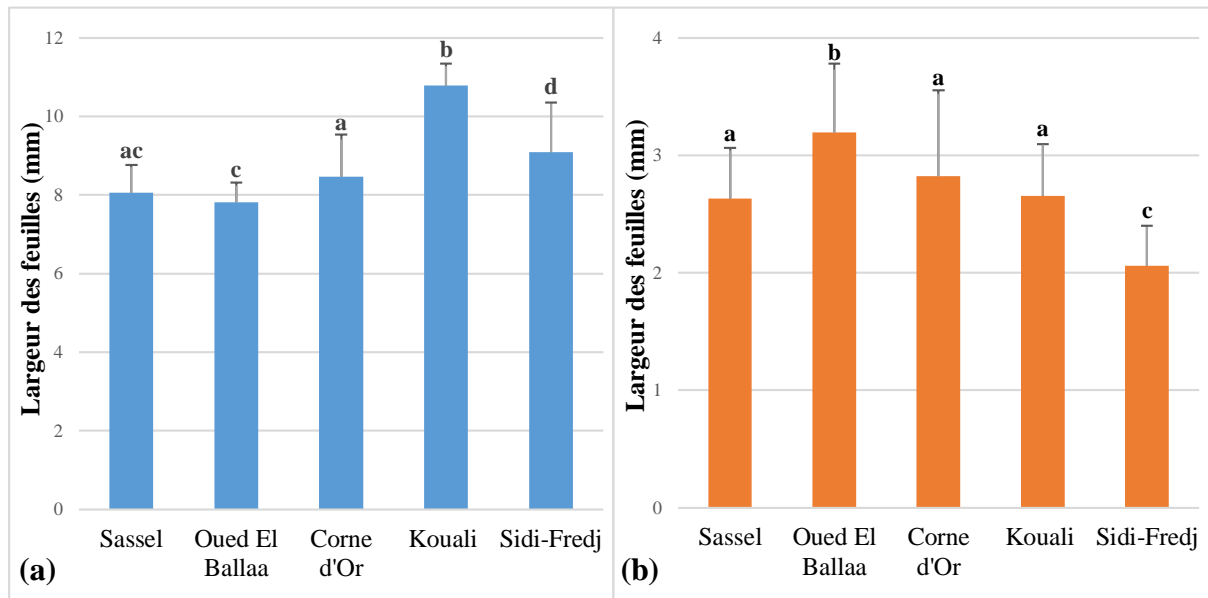
Cette étude a permis d'individualiser les stations de Sassel et Sidi-Fredj qui présentent les longueurs moyennes les plus faibles pour *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*, respectivement. La station de Sassel est caractérisée par la présence d'une population importante de l'algue invasive *Caulerpa cylindracea* (Bentaallah, 2021). Quant à la station de Sidi-Fredj, elle a déjà été identifiée comme une station subissant des pressions anthropiques : proximité d'un centre de thalassothérapie, rejets domestiques sans traitement préalable et présence de l'algue invasive *Caulerpa cylindracea* (Lamouti, 2010 ; Boumaour et Kahlal, 2013). Toutes ces nuisances sont à même d'engendrer une diminution de la longueur des feuilles chez ces 2 espèces (Duarte, 2002).

Les longueurs moyennes des feuilles enregistrées à la station de Kouali sont les plus élevées pour les 2 espèces. Cette tendance a déjà été rapportée pour *Posidonia oceanica* par de nombreux auteurs car considérée comme une station peu anthropisée (Boumaour et Kahlal, 2013 ; Boumaza, 2015 ; Sengouga, 2017).

### 3.1.3. Largeur des feuilles

Les largeurs moyennes des feuilles des 2 espèces présentent des différences significatives entre les stations étudiées ( $p < 0.05$ , ANOVA). Les largeurs moyennes maximales chez *Posidonia oceanica* sont enregistrées à Kouali ( $10.8 \pm 0.56$  mm) et les minimales à Oued El Ballaa ( $7.8 \pm 0.5$  mm). D'autre part, les largeurs moyennes maximales chez *Cymodocea nodosa* sont enregistrées à Oued El Ballaa ( $3.2 \pm 0.6$  mm) et les minimales à Sidi-Fredj ( $2.1 \pm 0.3$  mm) (Figure 18).

Le test post hoc de Tukey révèle 5 groupes des stations homogènes par la largeur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* : [Sassel], [Oued El Ballaa], [Corne d'Or], [Kouali], [Sidi-Fredj] et 3 groupes pour *Cymodocea nodosa* : [Sassel, Corne d'Or, Kouali], [Oued El Ballaa], [Sidi-Fredj].



**Figure 18.** Largeurs moyennes des feuilles au niveau des stations étudiées chez *Posidonia oceanica* (a) et *Cymodocea nodosa* (b).

La largeur des feuilles est un paramètre fréquemment pris en compte dans les études pour décrire les herbiers à Magnoliophytes marines (Gobert *et al.*, 2003 ; Rend *et al.*, 2012). Les largeurs moyennes maximales des feuilles de *Posidonia oceanica* sont observées à Kouali, cette tendance à déjà été rapportée par Boumaza (1995). Pergent et Pergent-Martini (1988) signalent que ce paramètre varie de façon importante en fonction de la localité. A ce titre, Wittmann (1984) le propose comme intégrateur des conditions du milieu.

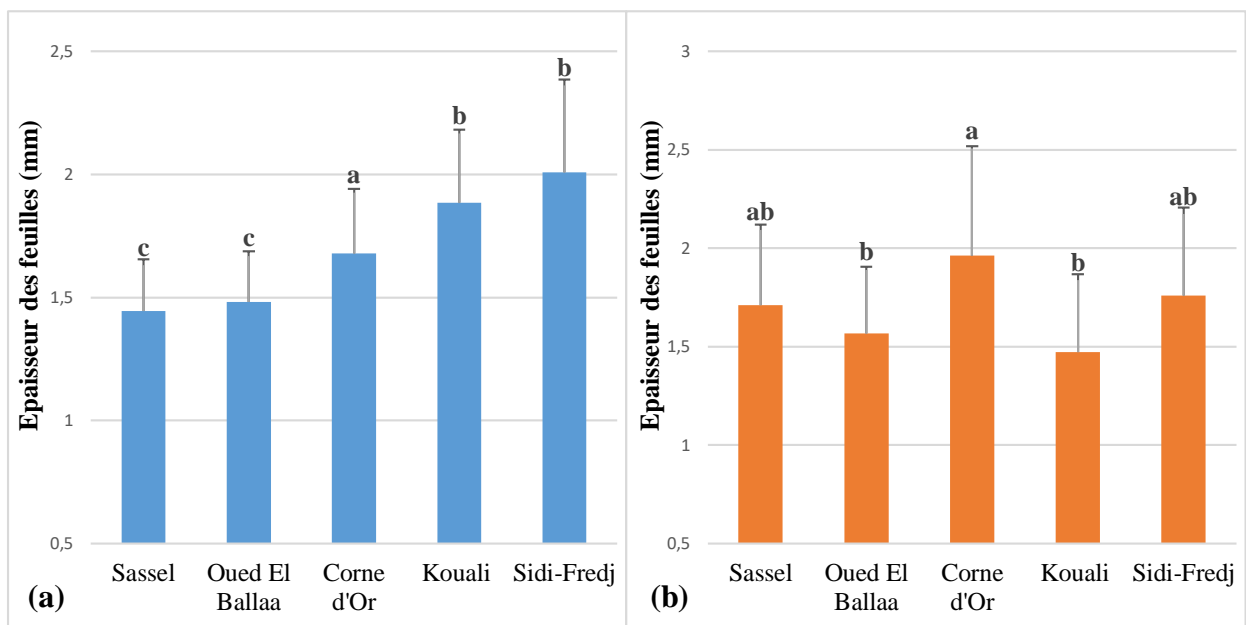
Quant à la largeur moyenne maximale des feuilles de *Cymodocea nodosa*, elle est enregistrée à Oued El Ballaa, où la largeur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* est minimale. Ce résultat, pourrait être imputé à la capacité adaptative de *Cymodocea nodosa*, qui augmente sa surface photosynthétique par l'augmentation de la largeur des feuilles (Dalla Via *et al.*, 1998 ; Abbate *et al.*, 2000 ; Ralph *et al.*, 2007).

*Cymodocea nodosa* est décrite comme « colonisatrice », capable d'apparaître dans des endroits où les conditions environnementales sont défavorables à *Posidonia oceanica* (Cancemi *et al.*, 2002).

### 3.1.4. Epaisseur des feuilles

L'épaisseur moyenne des feuilles des 2 espèces étudiées présente des différences significatives entre les stations étudiées ( $p < 0.05$ , ANOVA). L'épaisseur moyenne maximale chez *Posidonia oceanica* est enregistrée à Sidi-Fredj ( $2.0 \pm 0.4$  mm), tandis que la valeur minimale à Sassel ( $1.4 \pm 0.2$  mm). En ce qui concerne *Cymodocea nodosa*, l'épaisseur moyenne maximale est enregistrée à la Corne d'Or ( $1.9 \pm 0.5$  mm) tandis que la valeur minimale est enregistrée à Kouali ( $1.4 \pm 0.3$  mm) (Figure 19).

Le test post hoc de Tukey révèle 3 groupes de stations homogènes pour l'épaisseur moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* : [Sassel, Oued El Ballaa], [Corne d'Or], [Kouali, Sidi-Fredj] et de *Cymodocea nodosa* : [Sassel, Sidi-Fredj], [Oued El Ballaa, Kouali], [Corne d'Or].



**Figure 19.** Epaisseur moyenne des feuilles au niveau des stations étudiées chez *Posidonia oceanica* (a) et *Cymodocea nodosa* (b).

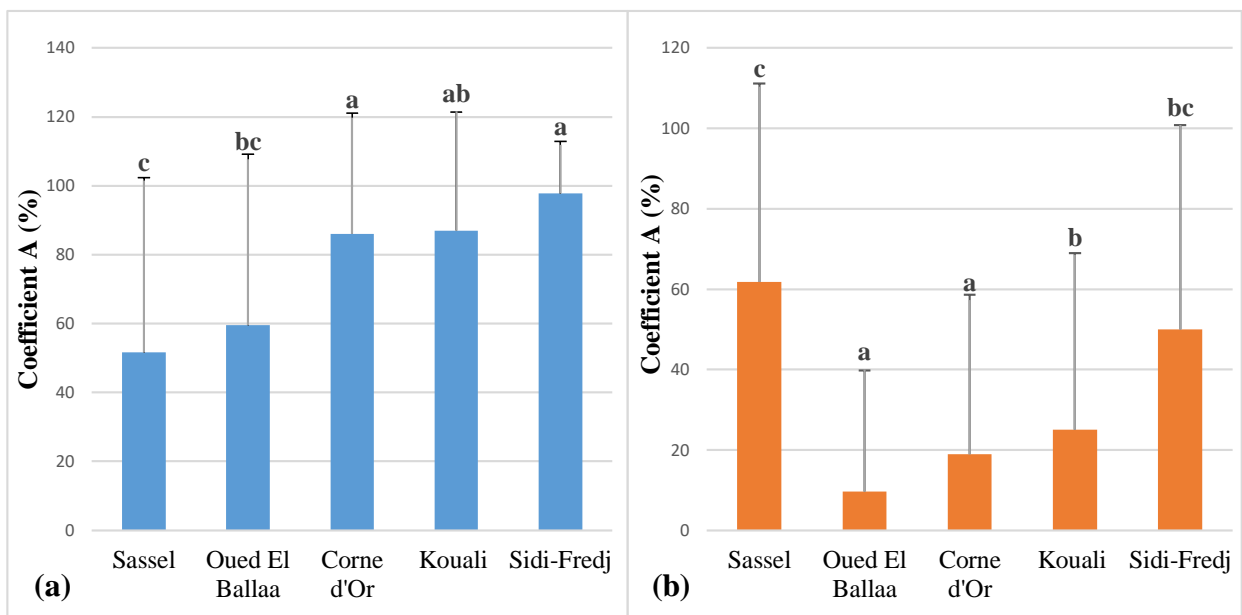
Les différences observées quant à l'épaisseur des feuilles des 2 espèces étudiées, sont attribuées à des adaptations spécifiques aux conditions environnementales et aux exigences écologiques propres à chaque espèce (Pergent-Martini, 1994 ; Pergent *et al.*, 1995 ; Cancemi *et al.*, 2002). En effet, l'épaisseur des feuilles de *Cymodocea nodosa* est plus élevée que celle des feuilles de *Posidonia oceanica* au niveau des stations de Sassel, Oued El Ballaa et la Corne d'Or, cette tendance est généralement celle rapportée dans la littérature (Enríquez *et al.*, 1992).

Quant à la tendance inverse observée à Kouali et Sidi-Fredj, à savoir une épaisseur des feuilles plus importante chez *Posidonia oceanica* comparativement à *Cymodocea nodosa*, pourrait s'expliquer, comme suggéré par Paul et de los Santos (2019) par un certain nombre de facteurs tels que la disponibilité de la lumière ou l'hydrodynamique. Par ailleurs, Rosalina *et al.* (2019), suggèrent que l'augmentation de l'épaisseur des feuilles des Magnoliophytes marines constitue une stratégie de défense en constituant une barrière pour diminuer la pénétration des métaux traces à l'intérieur des plantes.

### 3.1.5. Coefficient Ade Giraud

Le coefficient A de Giraud moyen des feuilles de *Posidonia oceanica* présente des différences significatives entre les stations étudiées ( $p < 0.05$ , Khi-deux). Le maximum est enregistré à Sidi-Fredj ( $97.7 \pm 15$  %) et le minimum à Sassel ( $51.6 \pm 50$  %). En ce qui concerne *Cymodocea nodosa*, le maximum est enregistré à Sassel ( $61.7 \pm 49$  %) et le minimum à Oued El Ballaa ( $9.7 \pm 30$  %) (Figure 20).

Le test post hoc de Tukey révèle 4 groupes de stations homogènes pour le coefficient A de Giraud moyen de *Posidonia oceanica* : [Sassel], [Oued El Ballaa], [Corne d'Or, Sidi-Fredj], [Kouali] et de *Cymodocea nodosa* : [Sassel], [Oued El Ballaa, Corne d'or], [Kouali], [Sidi-Fredj].



**Figure 20.** Coefficient A de Giraud moyen des feuilles au niveau des stations étudiées chez *Posidonia oceanica* (a) et *Cymodocea nodosa* (b).

L'état des apex fournit des informations spécifiques pour un site donné, concernant le taux de prédation par les consommateurs (Verlaque, 1987) et/ou l'influence de l'hydrodynamisme (Mazzella *et al.*, 1981 ; Wittmann *et al.*, 1981).

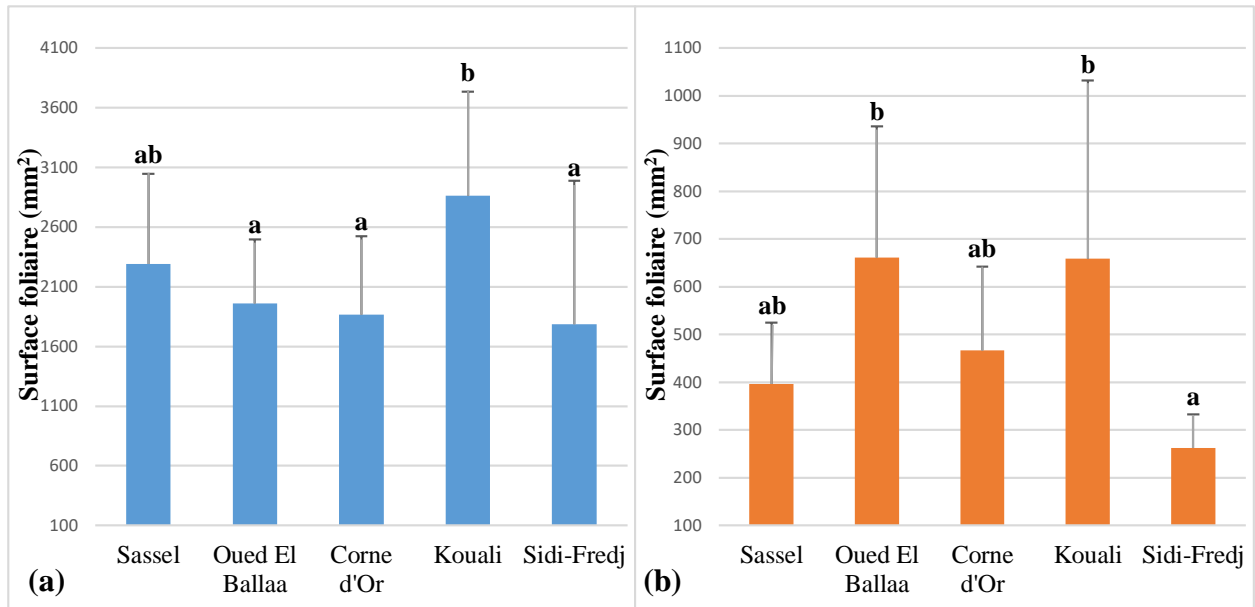
Les valeurs maximales du coefficient A de Giraud chez *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont notées à Sidi-Fredj et Sassel, en raison de la présence d'une abondante population d'oursins au niveau de ces sites comme signalé par Boumaour et Kahlal (2013) et Seghirchikh et Berached (2022).

Les valeurs moyennes du coefficient A de Giraud sont plus élevées chez *Posidonia oceanica* comparativement à *Cymodocea nodosa*. Cette tendance pourrait être attribuée aux caractéristiques morphologiques des 2 espèces ainsi qu'aux préférences alimentaires des herbivores (Cuvillier, 2016). En effet, l'oursin *Paracentrotus lividus* se nourrit de manière exhaustive de toutes les composantes de *Posidonia oceanica* ; il consomme aussi bien les feuilles vivantes (pourvues ou non d'épiphytes), les feuilles mortes (litière) et du rhizome (Boudouresque et verlaque, 2001).

### 3.1.6. Surface Foliaire

Les surfaces foliaires de *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*, présentent des différences significatives entre les stations étudiées ( $p < 0.05$ , Kruskal-Wallis). Pour *Posidonia oceanica*, la valeur maximale est enregistrée à Kouali ( $2861,5 \pm 875,1 \text{ mm}^2$ ) et la valeur minimale à Sidi-Fredj ( $1784,7 \pm 875,1 \text{ mm}^2$ ). Pour *Cymodocea nodosa*, la valeur maximale est enregistrée à Oued El Ballaa ( $661,4 \pm 274,1 \text{ mm}^2$ ) et la valeur minimale à Sidi-Fredj ( $262,1 \pm 70,4 \text{ mm}^2$ ) (Figure 21).

Le test post hoc de Tukey révèle 3 groupes de stations homogènes par la surface foliaire moyenne des feuilles de *Posidonia oceanica* : [Sassel], [Oued El Ballaa, Corne d'Or, Sidi-Fredj], [Kouali] et de *Cymodocea nodosa* : [Sassel, Corne d'or], [Oued El Ballaa, Kouali], [Sidi-Fredj].



**Figure 21.** Surface foliaire au niveau des stations étudiées chez *Posidonia oceanica* (a) et *Cymodocea nodosa* (b).

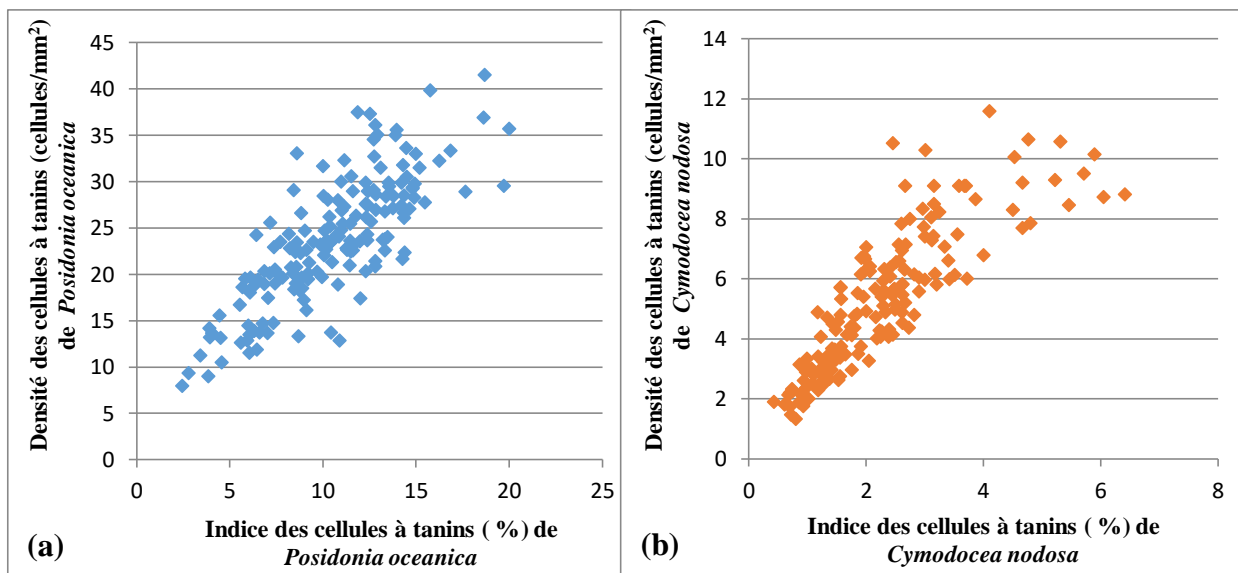
La surface foliaire est une mesure qui tient compte à la fois de la longueur, de la largeur et du nombre de feuilles par faisceau. Elle constitue un paramètre synthétique permettant de caractériser l'apparence générale de la plante (Silvestri, 1993). A ce titre, les valeurs minimales pour les 2 espèces sont notées à Sidi-Fredj, ce qui semble constituer une réponse au stress engendré par la proximité du centre Thalassothérapie, comme rapporté par Fernandez-torquemada *et al.* (2005). La valeur maximale de la surface foliaire de *Posidonia oceanica* enregistrée au niveau de la station de Kouali a déjà été rapportée par Boumaza en 1995 et en 2015.

D'autre part, des valeurs maximales chez *Cymodocea nodosa* sont obtenues également au niveau de station d'Oued El Ballaa, ce qui confirme que cette espèce décrite comme « colonisatrice » est capable d'apparaître dans des endroits où les conditions environnementales sont défavorables à *Posidonia oceanica* (Cancemi *et al.*, 2002).

### 3.2. Distribution des cellules à tanins

#### 3.2.1. Densité et indice des cellules à tanins

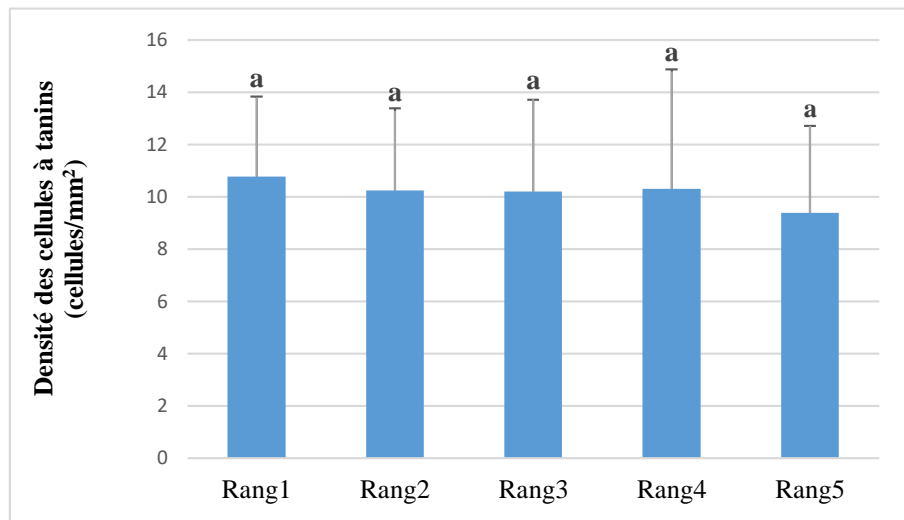
L'estimation de l'abondance des cellules à tanins au travers de la densité (nombre de cellules par  $\text{mm}^2$ ) et de l'indice de cellules à tanins (pourcentage de cellules à tanins par rapport aux cellules parenchymateuses) et de la corrélation entre ces 2 paramètres nous ont confortées dans notre démarche, dans la mesure où nous avons mis en œuvre pour la première fois la méthode préconisée par Tessmer *et al.* (2014), pour la comparer à celle proposée par Boumaza *et al.* (2022). Une corrélation positive hautement significative est obtenue entre la densité et l'indice des cellules tanins pour *Posidonia oceanica* ( $R= 0.78$ ,  $p < 0.05$ ) et *Cymodocea nodosa* ( $R= 0.89$ ,  $p < 0.05$ ) (Figure 22). Ce constat renforce la proposition formulée dans l'article de Boumaza *et al.* (2022) d'incorporer le paramètre densité des cellules à tanins, qui se distingue par sa simplicité et sa facilité d'utilisation dans les réseaux de surveillance des Magnoliophytes marines. Pour plus de clarté, nous n'exposerons que tous les résultats relatifs à la densité des cellules puisque ceux de l'indice de cellules à tanins suivent une tendance similaire.



**Figure 22.** Corrélation entre la densité et l'indice de cellules à tanins dans les feuilles de *Posidonia oceanica* (test Spearman  $R = 0.78$ ,  $p < 0.05$ ) (a) et *Cymodocea nodosa* (test Spearman  $R= 0.89$ ,  $p < 0.05$ ) (b).

### 3.2.2. Densité des cellules à tanins par rangs des feuilles

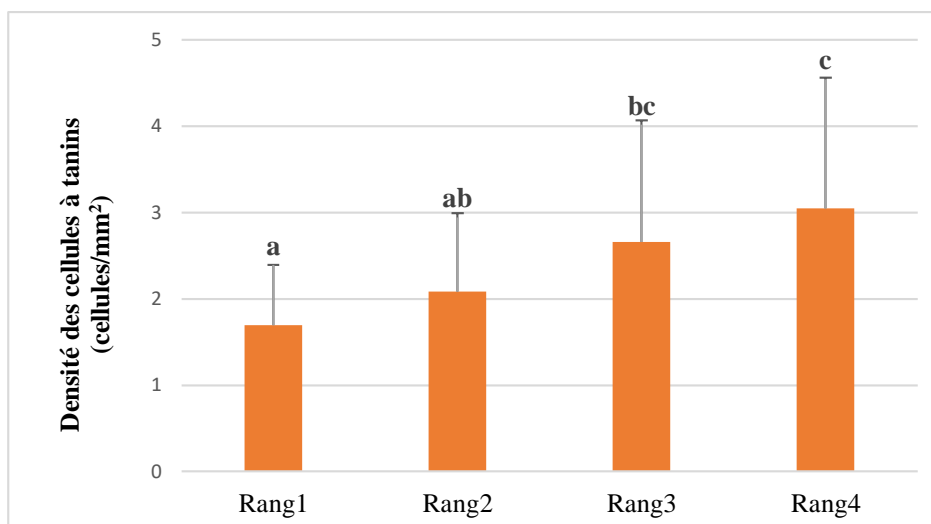
La densité moyenne des cellules à tanins mesurée au niveau des feuilles de *Posidonia oceanica* ne présentent pas des différences significatives en fonction des rangs d'insertion de celles-ci, et ce, quelle que soit la station étudiée ( $p > 0.05$ , Kruskal-Wallis) (Figure 23).



**Figure 23.** Densité des cellules à tanins chez *Posidonia oceanica* en fonction des rangs d'insertions des feuilles (Rang 1 : feuille la plus âgée et Rang 5 la feuille la plus jeune).

Contre toute attente, les résultats obtenus présentent une tendance qui n'est pas celle généralement rapportée dans la littérature, en ce qui concerne la densité des cellules à tanins en fonction de l'âge des feuilles chez *Posidonia oceanica*. En effet, Agostini *et al.* (1998), Dumay (2002), Boumaza *et al.* (2012 ; 2022) ont rapporté une diminution de la densité des cellules à tanins des feuilles de *Posidonia oceanica* en fonction de l'augmentation de leur âge.

Pour *Cymodocea nodosa*, la densité moyenne des cellules à tanins au niveau des feuilles présentent des différences significatives en fonction du rang d'insertion et ce, quelle que soit la station ( $p < 0.05$ , Kruskal-Wallis) (Figure 27). Les valeurs maximales de la densité ( $3.1 \pm 1.5$  cellules/  $\text{mm}^2$ ) sont enregistrées au niveau de la feuille la plus jeune (Rang 4), tandis que les valeurs minimales sont enregistrées au niveau de la feuille la plus âgée (Rang 1) ( $1.69 \pm 0.70$  cellules/  $\text{mm}^2$ ).



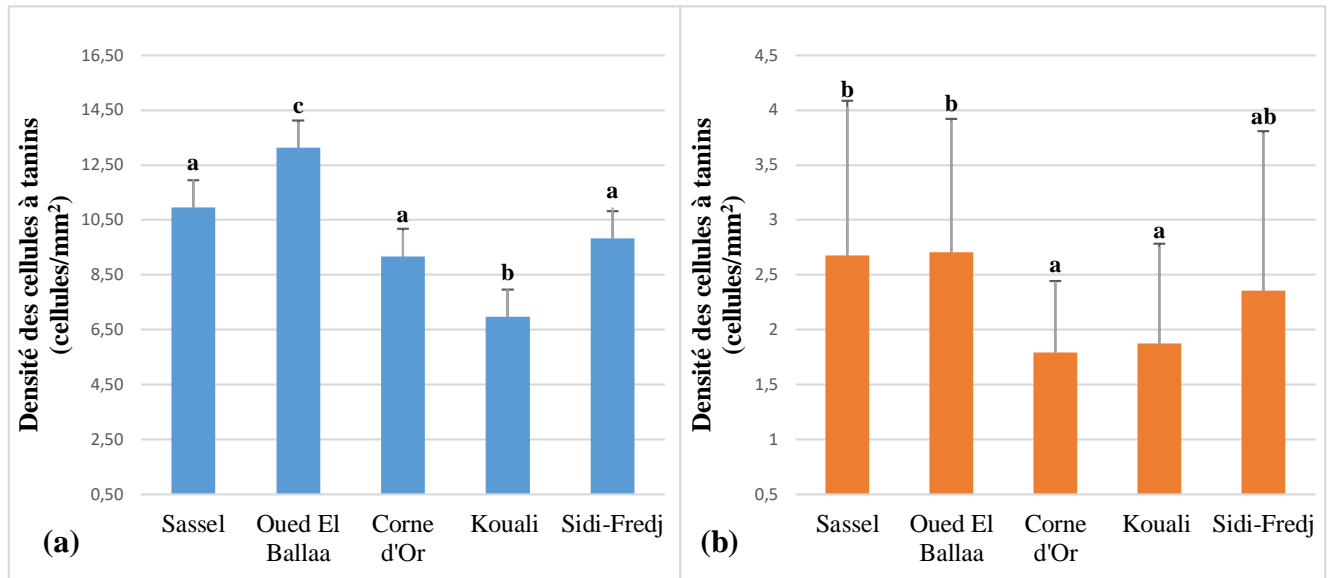
**Figure 24.** Densité des cellules à tanins chez *Cymodocea nodosa* en fonction des rangs d'insertions des feuilles (Rang 1 : feuille la plus âgée et Rang 4 : feuille la plus jeune).

La diminution significative de la densité des cellules à tanins observée lorsque les feuilles vieillissent est similaire à celle rapportée par Boumaza *et al.* (2022) pour *Posidonia oceanica*. Cette tendance est expliquée par le fait que le métabolisme est plus actif dans les jeunes feuilles, ce qui entraîne un processus plus intense de biosynthèse des composés phénoliques (De Villèle et Verlaque, 1995 ; Boumaza *et al.*, 2022).

### 3.2.3. Densité des cellules à tanins en fonction des stations

Les densités moyennes des cellules à tanins chez *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* présentent des différences significatives entre les stations étudiées ( $p < 0.05$ , Kruskal-Wallis). Les valeurs maximales sont enregistrées chez *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* à Oued El Ballaa ( $13.1 \pm 3.6$  cellules/  $\text{mm}^2$  et  $2.7 \pm 0.7$  cellules/  $\text{mm}^2$ , respectivement), et les minimales à Kouali ( $6.9 \pm 3.0$  cellules/  $\text{mm}^2$  et  $1.9 \pm 0.9$  cellules/  $\text{mm}^2$ , respectivement) (Figure 25).

Le test post hoc de Tukey révèle 3 groupes de stations homogènes par leur densité moyenne des cellules à tanins chez *Posidonia oceanica* : [Sassel, Corne d'Or, Sidi-Fredj], [Oued El Ballaa], [Kouali] et *Cymodocea nodosa* : [Sassel, Oued El Ballaa], [Corne d'Or, Kouali], [Sidi-Fredj].



**Figure 25.** Densité moyenne des cellules à tanins au niveau des stations étudiées chez *Posidonia oceanica* (a) et *Cymodocea nodosa* (b).

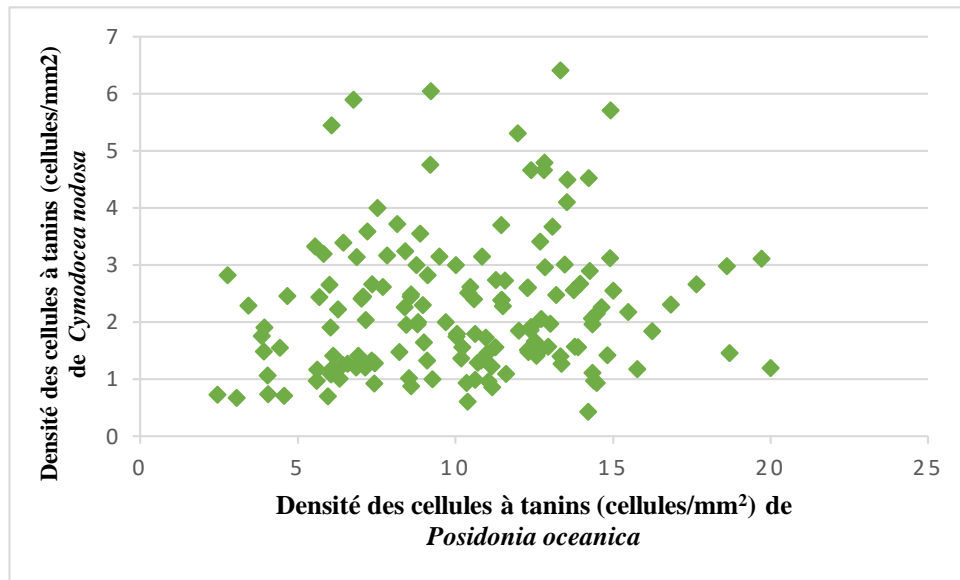
Les valeurs maximales de la densité des cellules à tanins chez *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont enregistrées au niveau de station d'Oued El Ballaa. Cette augmentation du nombre de cellules à tanins pourrait être une réponse à l'enrichissement du milieu en raison des apports provenant de l'utilisation d'engrais phosphatés et azotés dans le cadre des activités agricoles caractérisant cette région ainsi que ceux provenant de l'Oued El Ballaa. Cette tendance à l'augmentation du nombre de cellules à tanins en réponse à l'enrichissement du milieu été rapporté par de nombreux auteurs pour *Posidonia oceanica* (Pergent, 1988 ; Agostini *et al.*, 1998 ; Ferrat, 2001 ; Cozza *et al.*, 2004 ; Boumaza *et al.*, 2012).

Par ailleurs, chez *Cymodocea nodosa*, on observe également des valeurs maximales au niveau de la station de Sassel, caractérisée par la présence d'une forte population de l'espèce introduite *Caulerpa cylindracea* selon Bentaallah (2021). Cette coexistence est à même d'expliquer cette augmentation du nombre de cellule à tanins, tendance déjà rapportée pour *Posidonia oceanica* par Dumay (2002).

D'un autre côté, les valeurs minimales de densité des cellules à tanins enregistrées chez les 2 espèces à Kouali, sont concordantes avec les résultats rapportés par Boumaza *et al.* (2022) pour *Posidonia oceanica*.

### 3.2.4. Corrélation entre la densité des cellules à tanins chez les 2 espèces

Une corrélation positive non significative est mise en évidence entre la densité des cellules à tanins chez *Posidonia oceanica* et celle de *Cymodocea nodosa* ( $R= 0.15, p=0.059$ ) (Figure 26). Ce résultat vient conforter les résultats obtenus précédemment quant à la variabilité de la densité des cellules à tanins chez ces 2 espèces en fonction des conditions du milieu (Cancemi *et al.*, 2002).



**Figure 26.** Corrélation entre la densité des cellules de tanins de *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* (test Spearman  $R = 0.15, p = 0.059$ ).



# **Conclusion**



## Conclusion

Cette étude dont l'objectif premier a été d'évaluer la variabilité de l'abondance des cellules à tanins au niveau des feuilles de 2 espèces de Magnoliophytes marines partageant le même biotope : *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*. Pour se faire 5 stations ayant à priori des niveaux d'anthropisation différents ont été choisies : Sassel, Oued El Ballaa, Corne d'Or, Kouali et Sidi-Fredj.

L'étude des paramètres biométriques caractérisant la vitalité des 2 Magnoliophytes étudiées, a permis de regrouper, au travers des résultats obtenus relatifs à la surface foliaire (paramètre synthétique de la plante), les stations dans un ordre croissant en termes de vitalité : [Oued El Ballaa, Corne d'Or, Sidi-Fredj], [Sassel], [Kouali] concernant *Posidonia oceanica* et [Sassel, Sidi-Fredj], [Corne d'Or], [Oued El Ballaa, Kouali], concernant *Cymodocea nodosa*.

Ces résultats confortent la tendance généralement rapportée dans la littérature concernant les exigences écologiques de ces espèces (Boudouresque *et al.*, 2021). En effet, il est généralement admis que la régression des herbiers à *Posidonia oceanica* profite à l'installation de *Cymodocea nodosa*, en témoigne la bonne vitalité de cette espèce à Oued El Bellaa alors que *Posidonia oceanica* présente la vitalité la plus faible, matérialisée par une valeur de la surface foliaire la plus faible.

Concernant l'abondance des cellules à tanins, les 2 méthodes d'estimation, en l'occurrence la densité et l'index des cellules à tanins, utilisées ont donné des résultats similaires et ce, quelle que soit l'espèce en témoigne le ( $R > 0.5$  et  $p < 0.05$ ). . Ce résultat, vient conforter la proposition faite dans l'article de Boumaza *et al.* (2022) d'introduire ce descripteur qui se distingue par sa simplicité, sa facilité d'application et son intérêt pour le suivi des herbiers autant qu'elle est rapide à mesurer et reproductible.

Les résultats relatifs à la densité des cellules à tanins ont permis de regrouper les stations par ordre décroissant comme suit : [Oued El Ballaa], [Sassel, Corne d'Or, Sidi-Fredj], [Kouali] en ce qui concerne *Posidonia oceanica* et [Sassel, Oued El Ballaa], [Sidi-Fredj], [Corne d'Or, Kouali] concernant *Cymodocea nodosa*.

Par conséquent, l'augmentation significative du nombre de cellules à tanins chez *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* au niveau de la station d'Oued El Ballaa, en réponse aux divers facteurs : l'enrichissement du milieu en raison des apports provenant de l'utilisation de pesticides et d'engrais dans le cadre des activités agricoles qui caractérisent cette région ainsi que ceux provenant de l'Oued El Ballaa comme rapporté par (Pergent, 1988 ; Agostini *et al.*, 1998 ; Ferrat, 2001 ; Cozza *et al.*, 2004 ; Boumaza *et al.*, 2012). Quant à l'augmentation de la densité des cellules à tanins chez les 2 espèces au niveau de la station de Sassel, celle-ci doit constituer une réponse à la compétition interspécifique entre ces espèces et l'algue introduite *Caulerpa cylindracea* comme déjà signalé par (Cuny *et al.*, 1995 ; Ferrat *et al.*, 2003 ; Dumay *et al.*, 2004 ; Pergent *et al.*, 2008).

Enfin, le résultat inattendu concernant la densité des cellules à tanins en fonction de l'âge des feuilles chez *Posidonia oceanica* qui ne montre pas de différences significatives en fonction de ce dernier, contrairement aux résultats obtenus par Boumaza *et al.* (2022) ; à savoir une diminution de densité des cellules à tanins avec l'augmentation de l'âge des feuilles.

Par conséquent, il sera encore nécessaire de confirmer ou d'infirmer cette tendance en traitant un plus grand nombre de stations, avec différentes conditions environnementales, d'augmenter le nombre de faisceaux et d'étudier ce descripteur à différents saisons.



# **Bibliographie**



- Abbate, M., Peirano, N., Ugolini, U. (2000).** Structural changes in *Posidonia oceanica* leaves along the coast of Liguria (Italy): responses to environmental stress. *Biologia marina Mediterranea*. Vol 7., n° 2, P.P. 320-323.
- Adamakis, I.-D. S., Malea, P., Panteris, E. (2018).** The effects of Bisphenol A on the seagrass *Cymodocea nodosa*: Leaf elongation impairment and cytoskeleton disturbance. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol 157, P.P. 431- 440.
- Agostini, S., Desjobert, J.M., Pergent, G. (1998).** Distribution of phenolic compounds in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Phytochemistry*. Vol 48., n°4, P.P. 611-617.
- Alcoverro, T., Manzanera, M., Romero, J. (2001).** Annual metabolic carbon balance of the seagrass *Posidonia oceanica*: the importance of carbohydrate reserves. *Marine Ecology Progress Series*. Vol 211, P.P.105-116.
- Amarni, N., Fernane, L., Naili, M., Lounas, R., Belkessa, R. (2021).** Cartography of Flood Risks Due to Extreme Storm Surges on the Central Algerian Coast (Eastern Coast of Cherchell). *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*. Vol 37., n°2, P.P. 549- 560.
- Amsler, C.D., Fairhead, V.A. (2006).** Defensive and sensory chemical ecology of brown Algae. *Advance in Botanical Research*. Vol 43, P.P. 1-91.
- Astudillo-Pascual, M., Domínguez, I., Aguilera, P.A., Garrido Frenich, A. (2022).** New Phenolic Compounds in *Posidonia oceanica* Seagrass: A Comprehensive Array Using High Resolution Mass Spectrometry. *Plants*. Vol 10, P. 864.
- Barbehenn, R.V., Peter Constabel, C. (2011).** Tannins in plant-herbivore interactions. *Phytochemistry*. Vol 72, P.P. 1551-1565.
- Bentaallah, M.A. (2021).** Etude des populations de *Caulerpa cylindracea* sur le littoral Ouest algérien : Localisation, caractérisation et évaluation des impacts. Thèse doctorat, Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen. P.P.1-123.
- Bakalem, A. (2003).** Les trottoirs ou plates-formes à Vermets sur la côte algérienne: synthèse. In " International Workshop on Vermetid terraces and Migratory / Invasives Organisms", december ,19-21, Beirut (Lebanon). CNRS – INOC Workshop Report. Vol 8, P. 16 -17.
- Boudouresque, C.F., Meinesz, A. (1982).** Découverte de l'herbier de *Posidonie*. Travaux scientifiques. Parc National. Port-Cros. Vol 4, P.79.
- Boudouresque, C.F., Blanfuné, A., Pergent, G., Thibaut, T. (2021).** Restoration of Seagrass Meadows in the Mediterranean Sea: A Critical Review of Effectiveness and Ethical Issues. *Water*. Vol 13., n°8, P.1034.

- Boudouresque, C.F., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Thibaut T., Verlaque M. (2016).** The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: fate, role, ecosystem services and vulnerability, *Hydrobiologia*. Vol 781, P.P. 25-42
- Boudouresque, C.F., Verlaque. M. (2001).** Ecology of *Paracentrotus lividus*. Edible Sea Urchins: Biology and Ecology, P.P. 177-205.
- Boumaour, A., Kahlal, M. (2013).** Evaluation du statut écologique des eaux côtières algéroises : Application des indices PREI et BiPo. Mémoire ingénieur. ENSSMAL, P.P. 1- 45.
- 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 : Océanologie, Alger : ISMAL. P.P.1-125 + Annexes.
- Boumaza, S., Boudefoua N., Boumaza R., Semroud R. (2014).** Effects of urban effluents on spatial structure, morphology and total phenols of *Posidonia oceanica* : Comparison with a reference site. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol 457, P.P. 113-119.
- Boumaza, S., Khiari N., Mokeddem Z, Hamoul N. Semroud R. (2012).** Effects of disturbances caused by coastal discharges on phenolic compounds in the seagrass *Posidonia oceanica*. In Proceedings of the 3 rd Mediterranean Seagrass Workshop, Essaouira, P. 34.
- Boumaza, S. (2015).** Caractérisation d'un herbier à *Posidonia oceanica* soumis à des rejets d'effluents. Thèse doctorat, Alger : USTHB, P.P. 1-80.
- Boumaza, S., Semroud, R. (2000).** Evaluation of past and present primary production in *Posidonia oceanica* beds from the cove of Kouâli (Tipasa, Algeria) using the lepidochronological method. *Biologia Marina Mediterranea*. Vol 7., n° 2, P.P. 26-30.
- Boumaza, S., Sengouga, A., Gasmi, D., Misraoui, A., Pergent, G., & Semroud, R. (2022).** Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile tannin cells and leaf characteristics according to environmental conditions. *Mediterranean Marine Science*. Vol 23., n°4, P.P. 879- 889.
- Cancemi, G., Buia, M.C., Mazzella. L. (2002).** Structure and growth dynamics of *Cymodocea nodosa* meadows. *Scientia Marina*. Vol 66., n°4, P.P. 365- 373.
- Cariello, L., Zanetti, L., (1979).** Distribution of chicoric acid during leaf development of *Posidonia oceanica*. *Botanica Marina* .Vol 23, P.P. 359-360.
- Caye, G. (1989).** Sur la morphogénèse, le cycle végétatif et la reproduction de deux phanérogames : *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile et *Cymodocea nodosa*(Ucria) Ascherson. Thèse Habilitation à Diriger des Recherches. France : Université Nice, P.P. 1-229.
- Caye, G. (1980).** Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse doctorat. France : Université Aix-Marseille 2, P.P. 1-121.

- Celis-Plá, P.S.M., Martínez, B., Quintano, E., García-Sánchez, M., et al. (2014).** Short-term ecophysiological and biochemical responses of *Cystoseira tamariscifolia* and *Ellisolandia elongata* to changes in solar irradiance and nutrient levels. *Aquatic Biology*. Vol 22, P.P. 227-243.
- Clausen, T., Reichardt, P., Bryant, J., Provenza, F. (1992).** Condensed tannins in plant defense: a perspective on classical theories. In: Hemingway, R., Laks, P. (Eds.), *Plant Polyphenols*. Springer, U. S, P.P. 639-651.
- Cozza, R., Chiappetta, A., Petrarulo, M., Salimonti, A., Rende, F. (2004).** Cytophysiological features of *Posidonia oceanica* as putative markers of environmental conditions. *Chemical Ecology*. Vol 20., n°3, P.P. 215-223.
- Cuny, P., Serve, L., Jupin, H., Boudouresque, C.F. (1995).** Water soluble phenolic compounds of the marine phanerogam *Posidonia oceanica* in Mediterranean area colonised by the introduced chlorophyte *Caulerpa taxifolia*. *Aquatic Botany*. Vol 52., n° 3, P.P.237-242.
- Cuvillier, A. (2016).** Dynamique Et Fonctionnement Des Herbiers Marins Dans Un Complexe Recifal Anthropise (Ile De La Reunion, Ocean Indien). Thèse doctorat. Université De La Reunion. P.P. 1-136.
- Dalla Via, J., Sturmbauer, C., Schönweger G., et al. (1998).** Light gradients and meadow structure in *Posidonia oceanica*: ecomorphological and functional correlates. *Marine Ecology Progress Series*. Vol 163, P.P. 267-278.
- Daoudi, M., Hasna, N. (2016).** Contribution à l'étude des paramètres vitaux de l'herbier à Posidonie (*Posidonia oceanica*) en relation avec la pollution chimique. Mémoire d'ingénieur (Mémoire Master). Alger : ENSSMAL, P.P. 1-130.
- De Villèle, X., Verlaque, M. (1995).** Changes and degradation in a *Posidonia oceanica* bed invaded by the introduced tropical alga *Caulerpa taxifolia* in the north western Mediterranean. *Botanica Marina*. Vol 38, P.P. 79-87.
- Den Hartog, C. (1970).** *Seagrasses of the World*. North-Holland. Amsterdam, P. 275.
- Dumay, O. (2002).** Dynamique Compétitive entre la Magnoliophyte Marine *Posidonia oceanica* et les Bryopsidophycées invasives *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa*. Thèse De Doctorat. France : Université Corse, P.P. 1-180.
- Dumay, O., Costa, J., Desjobert, M. J., Pergent, G. (2004).** Variations in the concentration of phenolic compounds in the seagrass *Posidonia oceanica* under conditions of competition. *Phytochemistry*. Vol 65., n°24, P.P. 3211-3220.
- Dural, B., Aysel, V., Demir, V. (2013).** *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the coasts of Turkey. First national workshop on *Posidonia Oceanica* (L.) Delile on the coasts of Turkey, n°39, P.P. 1- 19.
- Enríquez, S. (2005).** Light absorption efficiency and the package effect in the leaves of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Marine Ecology Progress Service*. Vol 289, P.P. 141-150.

- Enriquez, S., Agusti, S., M. Duarte, C. (1992).** Light absorption by seagrass *Posidonia oceanica* leaves. Marine Ecology Progress Series. Vol. 86, P.P. 201-204.
- Fernández-Torquemada, Y., González-Correa., et al. (2005).** Evaluation of the effects produced by the construction and expansion of marinas on *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. Journal of Coastal Research., SI 49 (Proceedings of the 2 nd Meeting in Marine Sciences), P.P. 94 - 99.
- Ferrat, L. (2001).** Réactions de la magnoliophyta marine *Posidonia oceanica* en réponse à des stress environnementaux. Thèse de Doctorat en Ecologie Marine. Corse, P.P. 1-187.
- Ferrat, L., Pergent-Martini, C., Roméo, M. (2003).** Assessment of the use of biomarkers in aquatic plants for the evaluation of environmental quality: application to seagrasses. Aquatic Toxicology. Vol 65., n°2, P.P. 187-204.
- Ferrat, L., Wyllie-Echeverria, S., Cates Rex, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G. (2012).** *Posidonia oceanica* and *Zostera marina* as Potential Biomarkers of Heavy Metal Contamination in Coastal Systems. In: Ecological Water Quality – Water Treatment and Reuse. Voudouris, K. (Ed.). IntechOpen Publishers. London, P.P. 125-140.
- Furlan, C.M., Motta, L.B., dos Santos, D.Y.A.C. (2010).** Tannins: what do they represent in plant life In: Petridis, G.K. (Ed.), Tannins: Types, Foods Containing, and Nutrition. Nova Science Publishers Inc. USA, P.P. 1-13.
- Giraud, G. (1977).** Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en Méditerranée. Rapports Commission International de la Mer Méditerranée., Monaco. Vol 24., n°4, P.P. 126-130.
- Giraud, G. (1979).** Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle Marseille. France, Vol 39, P.P. 33-39.
- 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. Vol 26, P.P. 199-207.
- Guiry, M. D., Guiry, G.M. (2023).** AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway (taxonomic information republished from AlgaeBase with permission of M.D. Guiry). [en ligne]. [Consulté le 06/ 03/ 2023]. Disponible sur le web: <https://www.algaebase.org/>.
- Gutmann, M. (1995).** Improved staining procedures for photographic documentation of phenolic deposits in semithin sections of plant tissue. Journal of Microscopy. Vol 179., n°3, P.P. 277-281.
- Kojić, M. (1984).** Botany. Naučna Knjiga, Beograd, in Serbian, P. 511.
- Kuo, J., Den Hartog, C. (2000).** Seagrasses: A profile of an ecological group. *Biologia Marina Mediterranea*. Vol 7., n°2, P.P. 3-17.

- Kuo, J., den Hartog, C. (2006).** Seagrass morphology, anatomy, and ultrastructure. In: Larkum, (eds., A.W.D. *et al.*) Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation, P.P. 51-87.
- Kuo, J., McComb, A. J. (1989).** Seagrass taxonomy, structure and development. In: Larkum AWD, McComb AJ and Shepherd SA (eds) Biology of Seagrasses. A Treatise on the Biology of Seagrasses with Special Reference to the Australian Region, Elsevier. Amsterdam, P.P. 6-73.
- 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. Magister , Alger : Université des sciences et de la technologie Houari Boumediène, P. 83.
- Lamouti, S., Rebzani, C., Bachari, N.I. (2011).** Répartition de deux espèces introduites à caractère invasif dans la région centre de la côte algéroise : *Caulerpa racemosa* et *Oculina patagonica*. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime *Edition 2*, Tanger : Maroc, P.75.
- Leoni, V., Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Vela, A., Pergent, G. (2007).** Physiological responses of *Posidonia oceanica* to experimental nutrient enrichment of the canopy water. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol 349., n°1, P.P. 73-83.
- Mačić, V. (2014) a.** Anatomical features of seagrass *Posidonia oceanica* (L.) del. growing in Montenegro (adriatic sea). Agriculture and Forestry. Podgorica, Vol 60., n°3, P.P. 55-64.
- Mačić, V. (2014) b.** Anatomical features of *Cymodocea nodosa* growing in Montenegro (Adriatic Sea): Institute of Marine Biology, 85330, Kotor : Montenegro, Vol 20., n°3, P.P. 255-259.
- Mannino, A.M., Micheli, C. (2020).** Ecological Function of Phenolic Compounds from Mediterranean Furoid Algae and Seagrasses: An Overview on the Genus *Cystoseira sensulato* and *Posidonia oceanica* (L.) Delile Journal of Marine Science and Engineering . Vol 8., n°1, P. 19.
- Marbà, N., Díaz-Almela, E., Duarte, C. M. (2014).** Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. Biological Conservation. Vol 176, P.P. 183-190.
- Mazzella, L., M. C. Buia, M. C. Gambi, M. Lorenti, G. F. Russo, M. B. Scipione & V. Zupo, (1991).** Primary production of *Posidonia oceanica* and the vagile fauna of leaf stratum: a spatio-temporal analysis in a meadow of the island of Ischia (Gulf of Naples). In: B.F. Keegan (ed.), Space and Time Series Data Analysis in Coastal Benthic Ecology. COST 647 - Project on Coastal Benthic Ecology, Commission of the European Community. Bruxelles , P.P. 519- 540.
- Mazzella, L., Mauzerall, D., Lyman, H., Alberte, R,S. (1981).** Protoplast Isolation and Photosynthetic Characteristics of *Zostera marina* L. (Eel Grass). *Botanica Marina*. Vol 24., n°5, P.P. 285- 289.

- McKenzie, L., Nordlund, L. M., Jones, B. L., et al. (2020).** The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters*. Vol 15., n°7, P. 4041.
- Mekinić, I.G., Skroza, D., Šimat, V., Hamed, I., Cagalj, M., Perković, Z.P. (2019).** Phenolic Content of Brown Algae (Phaeophyceae) Species: Extraction, Identification, and Quantification. *Biomolecules*. Vol 9, P. 244.
- Micheli, C., Cupido, R., Lombardi, C., Belmonte, A., Peirano, A. (2012).** Changes in genetic structure of *Posidonia oceanica* at Monterosso al Mare (Ligurian Sea) and its resilience over a decade (1998–2009). *Environnement Management*. Vol 50, P.P. 598- 606.
- Nordlund, M. L., Koch, E., W., Barbier, E. B., Creed, J. C. (2016).** Seagrass Ecosystem Services and Their Variability across Genera and Geographical Regions. *PLOS ONE*. Vol 11., n°10.
- Orth, R.J., Carruthers, T. J. B., Dennison, W. C., et al. (2006).** A Global Crisis for Seagrass Ecosystems. *BioScience*. Vol 56., n°12, P.987.
- Ott, J. F., Klepal, W. (1981).** Studi sperimentali “in situ” sull’ epifitismo della *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Quaderni del Laboratorio di Tecnologia della Pesca*, 3 (Suppl. 1), P.P. 481- 492.
- Papenbrock, J. (2012).** Highlights in seagrass phylogeny, physiology and metabolism: What makes them special. *ISRN Botany*. Vol 2012, P.P. 1-15
- Paul, M., de los Santos, C.B. (2019).** Variation in flexural, morphological, and biochemical leaf properties of eelgrass (*Zostera marina*) along the European Atlantic climate regions. *Marine Biology*. Vol 166., n°10, P.P. 1-12
- Pergent, G., (1988).** Variabilité De L’abondance des cellules à Tanin dans Les écailles de *Posidonia oceanica* . Report of the Proceedings of the International Commission for Mediterranean Scientific Exploration, Monaco. Vol 31., n°2, P.P.7-7.
- Pergent, G., Clabaut, P., Mimault, B., Pasqualini, V., Pergent-Martini, C. (2005).** Mise en œuvre d’un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse. Deuxième phase : Porto-Vecchio / Ajaccio. Contrat Office de l’Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse. GIS Posidonie Publ, P.P. 1-133.
- 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*, Vol 54, P.P. 3-2.
- M Paul, M., de los Santos, C.B. (2019).** Variation in flexural, morphological, and biochemical leaf properties of eelgrass (*Zostera marina*) along the European Atlantic climate regions. *Marine Biology*. Vol 166., n°10, P.P. 1-12.
- Pergent, G., Romero, J., Pergent-Martini, C., Mateo, M. A., Boudouresque, C. F. (1994).** Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*. Vol 106, P.P. 139-146.

- Pergent, G., Bazairi, H., Bianchi, C. N., Boudouresque, C. F., et al., (2014).** Climate change and Mediterranean seagrass meadows: a synopsis for environmental managers. *Mediterranean Marine Science*. Vol 15., n°2, P.P. 462- 473.
- Pergent, G., Boudouresque, C.F., Dumay, O., Pergent-Martini, C., Wyllie-Echeverria, S. (2008).** Competition between the invasive macrophyte *Caulerpa taxifolia* and the seagrass *Posidonia oceanica*: contrasting strategies. *BMC Ecology*. Vol 8., n°1, P.P. 8-20.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C. (1988).** Phenological study of *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile around the Mediterranean Sea. Institut océanographique, Paris, France. Vol 64., n° 2, P.P. 79-100.
- 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 Doctorat. France : Université de Corse, P.P. 1-208.
- Pergent-Martini, C., Le Ravallec, C. (2007).** Lignes directrices pour les études d'impacts sur les herbiers marins : Programme des Nations Unies pour l'Environnement, P.6
- Pergent-Martini, C., Leoni, V., Pasqualini, V. Ardizzone, G.D., Balestri, E., Bedini, R., et al., (2005).** Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. *Ecological Indicators*. Vol 5, P.P. 213-230.
- Pergent-Martini, C., Leoni, V., Pasqualini, V., et al. (2005).** Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. *Ecological Indicators*. Vol 5, P.P. 213-230.
- Phillips, R.C., Menez, E.G. (1988).** Seagrasses. *Smithsonian Contribution to the Marine Sciences*. Washington DC : Smithsonian Institution Press. n° 34, P.104.
- PNUE-UICN-GIS Posidonie. (1990).** Livre rouge «Gérard Vuignier» des végétaux, peuplements et paysages marines menacés de Méditerranée. Série de rapports techniques de la MAP., 43, UNEP, Athens, P.P. 1- 250.
- Ralph, P.J., Durako, M.J., Enríquez, S., Collier, C.J., Doblin, M.A. (2007).** Impact of light limitation on seagrasses. *Biologie Marine et Écologie Expérimentale*. Vol 350, P.P. 176-193.
- Rende, S.F., Stroobant, M., Santana del Pino, A., Polifrone, M. (2012).** Application of image analysis software to morphometry of *Posidonia oceanica* (L.) Delile and *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson., *Botanica Marina par Walter de Gruyter.*, Berlin, Boston . Vol 5, P.P. 301- 305.
- Rhoades, D.F. (1979).** Evolution of plant chemical defense against herbivores. In: *Herbivores: Their interaction with secondary plant metabolites*. Rosenthal, G.A., Janzen, D.H. (Eds). Academic Press Publishers : New York.
- Rosalina, D., Herawati, E.W., Musa, M., Sofarini, D., Risj, Y. (2019).** Short communication: Anatomical changes in the roots, rhizomes and leaves of seagrass (*Cymodocea serrulata*) in response to lead. *B I O D I V E R S I T A*. Vol 20., n° 9, P.P. 2583-2588

- Rotini, A., Anello, L., Di Bernardo, M., Giallongo, A., Valiante, L. (2013).** Comparative analysis of bed density, total phenol content and protein expression pattern in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Open Journal of Ecology. Vol 3., n° 6, P.P. 438-444.
- Seghir, C., Chikh Berached, R. (2022).** Inventaire des espèces animales dans la ferme aquacole de la région d'Ain Temouchent. Mémoire Master., Université Belhadj Bouchaïb D'Ain Temouchent , P.P.1-18.
- Semroud, R., Verlaque, M., Crouzet, A., Boudouresque, C.F. (1992).** On a broad-leaved form of the seagrass *Posidonia oceanica* (Posidoniaceae) from Algiers (Algeria). Aquatic Botany, Netherl. Vol 43., n° 2, P.P. 181- 198.
- Semroud, R. (1993).** Contribution à la Connaissance de L'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans La région d'Alger (Algérie) : Etude de quelques compartiments. Thèse De Doctorat. Alger : USTHB, P.P. 1-218.
- Sengouga, A. (2017).** Evaluation de l'état écologique des eaux côtières algéroises par l'utilisation d'un indice basé sur *Posidonia oceanica*. Thèse Magister, Alger : ENSSMAL, P.P. 1-87 + Annexes.
- Sengouga, A. Boumaza, S., Zerrouk, C., Misraoui, A., Semroud, R. (2019).** Temporal Evolution of Ecological Status in Algerian Coastal Waters. In: 14<sup>th</sup> International, P.P. 337-378.
- Short, F. T., & Wyllie-Echeverria, S. (1996).** Natural and human-induced disturbance of seagrasses. Environmental Conservation. Vol 23., n°01, P.17.
- Short, F.T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., et al., (2011).** Extinction risk assessment of the world's seagrass species. Biological Conservation. Vol 144., n°7, P.P 1961-1971.
- Silvestri, C. (1993).** Studio sinecologico sulla prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Monterosso al mare (SP) : *cartografia quali-quantitativa e dinamica stagionale*. Thèse Doctorat. P. 124.
- Stiger-Pouvreau, V.; Jégou, C.; Cérantola, S.; Guérard, F.; Le Lann, K. (2014).** Phlorotannins from Sargassaceae species: Interesting molecules for ecophysiological and valorisation purposes Advances in Botanical Research. Vol 71, P.P. 379- 412.
- Terrados, J., Duarte, C. M., Kamp-Nielsen, L., et al. (1999).** Are seagrass growth and survival constrained by the reducing conditions of the sediment Aquatic Botany. Vol 65, P.P. 175-197.
- Tessmer, M. A., Kluge, R. A., Appezzato-da-Glória, B. (2014).** The accumulation of tannins during the development of "Giombo" and "Fuyu" persimmon fruits. Scientia Horticulturae. Vol 172 , P.P. 292 - 299.

- Tsioli, S., Koutalianou, M., Gkafas, A, G., et al. (2022).** Responses of the Mediterranean seagrass *Cymodocea nodosa* to combined temperature and salinity stress at the ionic, transcriptomic, ultrastructural and photosynthetic levels. Vol 175, P.P. 105- 512.
- Vasileios, P., Sotiris, O. (2017).** Anthropogenic eutrophication affects the body size of *Cymodocea nodosa* in the North Aegean Sea: A long-term, scale-based approach. Marine Pollution Bulletin. Vol 134, P.P. 38- 48.
- Verlaque, M. (1987).** Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. « Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles », C.F Boudouresque edit., GIS Posidonie publ. Marseille, P.P. 5-36.
- Wilson, JB., Agnew, ADQ. (1992).** Positive-Feedback Switches in Plant-Communities. Advances in Botanical Research. Vol 23, P.P. 263- 336
- Wittman, K.J., Mazzella, L., Fresi, E. (1981).** Age specific patterns leaf growth: their determination and importance epiphytic colonization in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Report of the Proceedings of the International Commission for the Exploration of Mediterranean Scientific Meetings. Vol 27, P.P. 189-19.
- Wittmann, K.J. (1984).** Temporal and morphological variations of growth in a natural stand of *Posidonia oceanica*(L.) Delile. Marine ecologie. Vol 5., n°4, P.P. 301-316.
- Zapata, O. (1979).** McMillan, C. Phenolic acids in seagrasses. *Aquatica Botanica*. Vol 7, P.P. 307- 317.
- Zaprometov, M. N. (1993).** Plants. Russ. Journal of Plant Physiology. Vol 40, P.796.
- Zidorn, C. (2016).** Secondary metabolites of seagrasses (Alismatales and Potamogetonales; Alismatidae): Chemical diversity, bioactivity, and ecological function. Phytochemistry. Vol 124, P.P. 5- 28.

