

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار – مختار

ANNABA عنابة



FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE  
LABORATOIRE DE ÉCOLOGIE DES SYSTEMES TERRESTRES ET  
AQUATIQUES

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat

Domaine : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Spécialité : BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE ANIMALE

**Intitulé**

Réponse de l'herbier de posidonie « *Posidonia oceanica* » et la  
communauté épiphytiques aux altérations de l'environnement (Côtes Est  
Algérienne)

**Presentée par : M<sup>elle</sup> HABBECHÉ Amira**

**Membres de jury :**

<b>Dr. SLIMANI Abderachid</b>	<b>Président</b>	MCA	Université Badji Mokhtar Annaba
<b>Dr. BOUTABIA –TREA saliha</b>	<b>Directrice</b>	MCA	Université Badji Mokhtar Annaba
<b>Pr. HABBACHI Wafa</b>	<b>Co- directrice</b>	Pr	Université Badji Mokhtar Annaba
<b>Dr. SAMAI Ibtissem</b>	<b>Examinatrice</b>	MCA	Université Badji Mokhtar Annaba
<b>Dr. BOUCENA Mounir</b>	<b>Examinateur</b>	MCA	Université Ferhat Abbas Setif 1
<b>Dr. DJEBBARI Nawel</b>	<b>Examinatrice</b>	MCA	Université Chadli Bendjedid –El Taref

Année universitaire : 2022/2023

# Remerciements

En premier lieu, je remercie **Allah** le tout puissant qui m'a donnée la force de mener à terme ce travail.

Mes remerciements s'adressent en premier lieu à ma Directrice de thèse Madame **BOUTABIA-TREA Saliha**, Maître de Conférences classe A à l'Université Badji Mokhtar ANNABA, d'avoir accepté de diriger cette thèse. Elle m'a fait profiter de son expérience et de ses connaissances. Je la remercie de m'avoir confié ce sujet, de m'avoir conseillé, encouragé et soutenu tout au long de la période de préparation de cette thèse avec patience et disponibilité. Qu'elle trouve ici, le témoignage de ma profonde reconnaissance et ma sincère gratitude.

Je souhaite remercier aussi ma Co-directrice de thèse, Madame **HABBACHI Wafa**, Professeur à l'Université d'ANNABA de m'avoir accueillie au sein de son équipe. Je lui suis également reconnaissante pour le temps conséquent qu'elle m'a accordés, ses qualités pédagogiques et scientifiques, J'ai beaucoup appris à ses côtés et je lui adresse ma gratitude pour tout cela. Je vous remercie.

Je tiens à remercier vivement Monsieur **SLIMANI Rachid** Maître de Conférence classe A à l'Université Badji Mokhtar ANNABA, qui me fait l'honneur et l'immense plaisir de présider le jury de ma soutenance.

Je voudrais exprimer également ma sincère reconnaissance à Madame **SAMAI Ibtissem** Maître de Conférences classe A à l'Université Badji Mokhtar ANNABA, qui me fait l'honneur d'accepter d'examiner mon travail.

C'est avec un très grand plaisir que je remercie infiniment Monsieur **BOUCENA Mounir** Maître de Conférence classe A à l'Université SETIF 1, d'avoir bien voulu juger ce travail. Qu'il trouve ici ma très profonde gratitude.

Je remercie sincèrement Madame **DJEBBARI Nawel** Maître de Conférences classe A à l'Université d'EL TAREF, d'avoir accepté de juger ce présent travail.

Je tiens à remercier également Professeur **BENSOUILEH Mourad** de m'avoir permis de travailler au sein de son laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux et pour la confiance et le respect témoignés durant mon séjour.

Un merci plus particulièrement à Professeur **AFFOUNE Mohamed** de l'université 8 Mai 1945 GUELMA pour son aide pour la réalisation du dosage des métaux lourds.

Enfin, Mille mercis ne suffisent pas pour exprimer ma grande gratitude à mes très chers parents qui m'ont menée pas à pas à la réussite et à la concrétisation de mes objectifs. Je vous dois tout ce que je suis et tout ce que je serai, j'espère avoir été à la hauteur de vos espérances.

Un immense merci à mes sœurs et frères pour leur soutien au cours de ces dernières années. Je vous remercie aussi d'avoir été présents dans mes moments de doutes, et à ne pas laisser tomber cette thèse. Votre soutien a été précieux.

A mes chères nièces et mes neveux.

A mon fiancé je vous remercie de m'avoir remontées le moral et encouragée

Et à toute ma famille maternelle et paternelle. A la mémoire de mon oncle Nouredine. Je tiens également à exprimer toute ma reconnaissance à ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail : le plongeur Khalil, les techniciens et mes collègues doctorantes : Mouna, Sara, Rania, Chaima, Chames, Khaoula et Imen.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont également à l'encontre de toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Résumé

Le golfe d'Annaba est confronté à de multiples sources de pollution, provenant des activités humaines variées qui se déroulent dans son bassin versant. En outre, l'activité maritime contribue également à ce problème. Les herbiers de posidonie, par le rôle clé qu'ils jouent au sein de l'écosystème côtier méditerranéen, sont de plus en plus surveillés et sont, considérés comme un habitat prioritaire, étant donné leur importance, ils sont un outil de choix pour évaluer la qualité des eaux côtières méditerranéennes et détecter les perturbations au sein de celles-ci. Ces herbiers sont utilisés efficacement comme indicateur de perturbations du milieu côtier méditerranéen. En effet, étant donné son importance au sein de cet écosystème, l'étude des réactions de l'herbier vis-à-vis des perturbations auxquelles il est soumis permettrait d'obtenir des outils très utiles pour évaluer le degré et les types de pollutions qui affectent le littoral méditerranéen.

L'objectif de cette étude est la détermination des facteurs environnementaux qui influencent l'état de santé de l'écosystème côtier à travers l'herbier de posidonie *P. oceanica* et ses épiphytes.

Afin d'avoir un aperçu sur l'état de santé de l'herbier à *P. oceanica* côte Est Algérienne, un suivi des paramètres physico-chimiques des eaux du golfe d'Annaba, ensuite l'évaluation du niveau de contamination métallique (zinc, cuivre, chrome, nickel et cadmium) à travers l'utilisation d'une phanérogame endémique à la Méditerranée *P. oceanica* et ses épiphytes. Puis un suivi des paramètres biométriques saisonnier de la plante *P. oceanica* a été effectué au niveau du golfe d'Annaba et enfin une identification des épiphytes des feuilles de *P. oceanica*.

Ce travail effectué au niveau du golfe d'Annaba dans six stations (Cap de garde, Ain Achir, La caroube, Lever de l'aurore, Draouche, Cap rosa) à des profondeurs différentes, de Janvier 2021 à Décembre 2021. Les prélèvements d'eau (mensuellement), et de posidonie (saisonnement) ont été réalisés dans chaque station. Les dosages des ETM ont été réalisés à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA).

Les résultats des mesures des paramètres physico-chimiques montrent l'existence de variations saisonnières, Après l'étude biométrique, les résultats montrent que les paramètres phénologiques présentent des valeurs plus élevées en fin de printemps et en été.

Les valeurs des ETM dans les eaux du golfe les plus élevés se trouvent principalement au niveau des stations S3, S4 et S5 par rapport aux autres stations d'échantillonnage. La plus grande partie du Zn et Ni se regroupe dans la station S4, la station S5 renferme plus de Cu et la station S3 regroupe plus de chrome.

Les métaux lourds dosés dans les feuilles adultes de *P. oceanica* et ses épiphytes du Golfe d'Annaba montrent que l'accumulation des ETM dans la plante et ses épiphytes varie en fonction de la saison et la station. Les teneurs des ETM dosées dans les épiphytes sont supérieures à celles dosées au niveau des feuilles adultes de *P. oceanica* dans toutes les stations pendant les quatre saisons sauf pour le Ni.

Le Zn enregistre les teneurs les plus élevées et le cadmium les teneurs les plus basses chez les feuilles adultes de *P. oceanica* et ses épiphytes.

Les différentes espèces d'épiphytes présentes à la surface des feuilles adultes de *P. oceanica* les plus répandues dans le golfe d'Annaba sont les *Bryozoaires* : comme (*Electra posidonia*), les *Hydrozoaires* comme (*Diphasia attenuata et Amphibetia operculata*) et les Mollusques comme (*Balanus perforatus et Columbella rustica*).

En complément aux analyses physico-chimiques, l'indicateur biologique *P. oceanica* peut jouer le rôle d'un système d'alarme précoce d'une contamination dont les effets sont encore réversibles. Au niveau de la zone côtière méditerranéenne, *P. oceanica* devrait jouer un rôle majeur dans le cycle des ETM du fait de son abondance, sa forte productivité et sa capacité à accumuler les ETM.

**Mots clés** : *Posidonia oceanica* ; Epiphytes ; Elément trace métallique ; Golfe d'Annaba ; Pollution.

## Abstract

The Gulf of Annaba is a subject to many sources of pollution originating from the various anthropogenic activities whose watershed is the seat to which is added the maritime activity. Posidonia meadows, due to the key role they play in the Mediterranean coastal ecosystem, are increasingly monitored and are considered a priority habitat, given their importance, they are a tool of choice to assess the quality of Mediterranean coastal waters and detect disturbances in them. These meadows are effectively used as an indicator of disturbance in the Mediterranean coastal environment. Indeed, given its importance in this ecosystem, the study of the reactions of the meadow to the disturbances to which it is subjected would provide very useful tools to assess the degree and types of pollution that affect the Mediterranean coastline.

The objective of this study is to determine the environmental factors that influence the health of the coastal ecosystem through the seagrass meadow *P. oceanica* and its epiphytes.

In order to have an overview of the health status of the *P. oceanica* meadow on the Algerian East coast, a monitoring of the physico-chemical parameters of the waters of the Gulf of Annaba, then the evaluation of the level of metallic contamination (zinc, copper, chromium, nickel and cadmium) through the use of a phanerogam endemic to the Mediterranean *P. oceanica* and its epiphytes. Then a follow-up of the seasonal biometric parameters of the plant *P. oceanica* was carried out at the level of the gulf of Annaba and finally an identification of the epiphytes of the leaves of *P. oceanica*. This work carried out at the level of the Gulf of Annaba in six stations (Cap de garde, Ain Achir, La caroube, Lever de l'aurore, Draouche, Cap rosa) at different depths, from January 2021 to December 2021. Water samples (monthly) and posidonia samples (seasonally) were taken at each station. The determination of MTE was done with an atomic absorption spectrophotometer (AAS).

The results of the measurements of the physico-chemical parameters show the existence of seasonal variations. After the biometric study, the results show that the phenological parameters have higher values in late spring and summer.

The highest values of MTE in the Gulf waters are found mainly at stations S3, S4 and S5 compared to the other sampling stations. Most of the Zn and Ni are found in station S4, station S5 has more Cu and station S3 has more Cr.

Heavy metals measured in adult leaves of *P. oceanica* and its epiphytes in the Gulf of Annaba show that the accumulation of MTE in the plant and its epiphytes varies according to the season and the station. The levels of MTE measured in the epiphytes are higher than those measured in the adult leaves of *P. oceanica* in all the stations during the four seasons except for Ni.

The Zn records the highest levels and cd the lowest levels in the adult leaves of *P. oceanica* and its epiphytes.

The different species of epiphytes present on the surface of the adult leaves of *P. oceanica* most widespread in the Gulf of Annaba are the Bryozoa: like (*Electra posidonia*), the Hydrozoa like (*Diphasia attenuata* and *Amphisbetia operculata*) and the Molluscs like (*Balanus perforatus* and *Columbella rustica*).

As a complement to physico-chemical analyses, the biological indicator *P. oceanica* can play the role of an early warning system for contamination whose effects are still reversible.

In the Mediterranean coastal zone, *P. oceanica* should play a major role in the MTE cycle because of its abundance, its high productivity and its capacity to accumulate MTE.

**Key words:** *Posidonia oceanica*; Epiphytes; Trace metal element; Gulf of Annaba; Pollution.

## الملخص

يتعرض خليج عنابة للعديد من مصادر التلوث الناجمة عن الأنشطة البشرية المختلفة التي تشكل اضطرابات في النظام البيئي البحري. من خلال الدور الرئيسي الذي تلعبه مروج بوسيدونيا داخل النظام البيئي الساحلي للبحر الأبيض المتوسط، يتم مراقبتها بشكل متزايد وتعتبر موطناً ذا أولوية، نظراً لأهميتها، فهي أداة مهمة لتقييم جودة المياه الساحلية المتوسطة واكتشاف الاضطرابات داخلها. تستخدم هذه المروج بشكل فعال كمؤشر على الاضطرابات في البيئة الساحلية للبحر الأبيض المتوسط نظراً لأهميتها داخل هذا النظام البيئي، فإن دراسة ردود فعل المرج على الاضطرابات التي يتعرض لها يجعل الحصول على أدوات مفيدة للغاية لتقييم درجة وأنواع التلوث الذي يؤثر على ساحل البحر الأبيض المتوسط.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد العوامل البيئية التي تؤثر على الحالة الصحية للنظام البيئي الساحلي من خلال مروج بوسيدونيا ومن أجل الحصول على لمحة عامة عن الحالة الصحية لهذه العشبة على الساحل الشرقي للجزائر، متابعة للمعايير الفيزيائية والكيميائية لمياه خليج عنابة، ثم تقييم مستوى التلوث المعدني (الزنك، النحاس، الكروم، النيكل والكاديوم) من خلال استخدام نبتة البوسيدونيا والكائنات التي تعيش على سطحها المستوطنة في البحر الأبيض المتوسط. بعد ذلك تم متابعة القياسات الحيوية الموسمية لنبات البوسيدونيا على مستوى خليج عنابة وأخيراً تحديد الكائنات التي تعيش على سطحها.

نفذ هذا العمل على مستوى خليج عنابة في ستة محطات على أعماق مختلفة (كاب دو غارد، عين عشير، لا كاروب، ليفر دي لورور، دراوش وقمة روزا)، من جانفي 2021 إلى ديسمبر 2021 (شهرياً)، واستخراج نبات البوسيدونيا (موسمياً) في كل محطة. تم إجراء فحوصات العناصر المعدنية الثقيلة باستخدام مقياس طيف الامتصاص الذري (AAS).

أظهرت نتائج قياسات المتغيرات الفيزيائية والكيميائية وجود تغيرات موسمية، وبعد دراسة القياسات الحيوية، أظهرت النتائج أن المعايير الفينولوجية تظهر قيماً أعلى في نهاية الربيع والصيف.

أعلى قيم العناصر المعدنية الثقيلة في مياه الخليج بشكل أساسي في المحطات S3 و S4 و S5 مقارنة بالمحطات الأخرى. تجمع أعلى بالنسبة للزنك والنيكل في المحطة S4، وتحتوي المحطة S5 على المزيد من النحاس والمحطة S3 المزيد من الكروم. تُظهر المعادن الثقيلة المقاسة في أوراق نبات البوسيدونيا البالغة والكائنات التي تعيش على سطحها في خليج عنابة أن تراكم هذه المعادن مختلفة.

بالنسبة لأنواع المختلفة للكائنات التي تعيش على سطح نبتة البوسيدونيا، الأكثر انتشاراً في خليج عنابة هي *Bryozoaires*: مثل *(Electra posidonia)*، و *Hydrozoaires* مثل *(Diphasia attenuata)* و *Amphisbetia operculata* و *Mollusques* مثل *(Columbella rustica و Balanus perforatus)*

بالإضافة إلى التحليلات الكيميائية، فإن مروج بوسيدونيا يلعب دوراً رئيسياً في إزاد التلوث على مستوى المنطقة الساحلية للبحر الأبيض المتوسط.

**الكلمات المفتاحية:** البوسيدونيا، خليج عنابة، المعادن الثقيلة، التلوث، تأثير الإنسان.

## Liste des abréviations

Mots	Abréviation
<i>P.oceanica</i>	<i>posidonia oceanica</i>
<b>Cu</b>	Cuivre
<b>Cr</b>	Chrome
<b>Cd</b>	Cadmium
<b>Ni</b>	Nickel
<b>Zn</b>	zinc
<b>SAA</b>	spectrophotomètre d'absorption atomique
<b>pH</b>	potentiel hydrogène
<b>MES</b>	Matière en suspension
<b>HNO<sub>3</sub></b>	Acide nitrique
<b>µg/l</b>	microgramme par liter
<b>µmol</b>	Micromole
<b>ETM</b>	Eléments traces métalliques
<b>m<sup>2</sup></b>	mètre carré
<b>ml</b>	Millilitre
<b>Ps</b>	poids sec
<b>Tab</b>	Tableau
<b>SFA</b>	Surface Foliaire moyenne des feuilles adultes
<b>LFA</b>	Longueur moyenne des feuilles adultes
<b>IFA</b>	Largeur moyenne des feuilles adultes
<b>SFI</b>	Surface Foliaire moyenne des feuilles intermédiaires
<b>LFI</b>	Longueur moyenne des feuilles intermédiaires
<b>IFI</b>	Largeur moyenne des feuilles intermédiaires
<b>SFG</b>	Surface Foliaire moyenne des feuilles globales
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitrite
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrate
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Ammonium
<b>PO<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Ortho-phosphate
<b>Fig</b>	Figure

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> (A) : Faisceaux de <i>P. oceanica</i> , (B) herbier de <i>P. oceanica</i> (photo : Habbeche, 2021). --	11
<b>Figure 2 :</b> Carte géo-référenciée de la localisation des stations de travail dans le golfe d'Annaba -	13
<b>Figure 3 :</b> vue générale de la station cap de garde (photo : Habbeche, 2021) -----	15
<b>Figure 4 :</b> Vue générale de la station d'ain Achir (photo : Habbeche, 2021)-----	16
<b>Figure 5:</b> Vue générale de la station la caroube (photo : Habbeche, 2021) -----	17
<b>Figure 6:</b> Vue générale de la station lever de l'aurore (photo : Habbeche, 2021) -----	18
<b>Figure 7 :</b> Vue générale de la station draouche (photo : Habbeche, 2021) -----	19
<b>Figure 8:</b> Vue générale de la station cap rosa (photo : Habbeche, 2021) -----	20
<b>Figure 9:</b> Mesure des paramètres physico-chimiques (photo : Habbeche, 2021). -----	21
<b>Figure 10:</b> Prélèvement des échantillons de <i>P. oceanica</i> (photo : Habbeche, 2021)-----	25
<b>Figure 11:</b> Dissection phénologique de <i>P. oceanica</i> (photo : habbeche, 2021). -----	27
<b>Figure 12:</b> Etapes de traitement des faisceaux de Posidonies pour l'étude de la phénologie. Décortication d'un faisceau de Posidonie (A) ; mesure d'une feuille de Posidonie (B) (photo : Habbeche, 2021). -----	28
<b>Figure 13:</b> l'identification à l'aide d'une loupe binoculaire des principales espèces d'épiphytes des feuilles de <i>P. oceanica</i> (photo : Habbeche, 2021). -----	30
<b>Figure 14:</b> La conservation des épiphytes dans les boite de pétri (photo : Habbeche, 2021).-----	31
<b>Figure 15:</b> Les différents étapes de minéralisation <i>P. oceanica</i> (photo: Habbeche, 2021). -----	34
<b>Figure 16:</b> Dosage des ETM par la SAA à flamme (photo : Habbeche, 2021).-----	36
<b>Figure 17:</b> Variation mensuelle de la température des eaux du golfe d'Annaba. -----	38
<b>Figure 18:</b> Variations mensuelle des teneurs en oxygène dissous des eaux du golfe d'Annaba. ----	39
<b>Figure 19 :</b> Variations mensuelle du pH des eaux du golfe d'Annaba. -----	40
<b>Figure 20 :</b> Variations mensuelle de la salinité des eaux du golfe d'Annaba.-----	41
<b>Figure 21 :</b> Variations mensuelle de MES des eaux du golfe d'Annaba. -----	42
<b>Figure 22:</b> Variations mensuelles des teneurs en ammonium des eaux du golfe d'Annaba. -----	43
<b>Figure 23:</b> Variations mensuelles des teneurs en nitrates des eaux du golfe d'Annaba. -----	44
<b>Figure 24:</b> Variations mensuelles des teneurs en nitrites des eaux du golfe d'Annaba. -----	45
<b>Figure 25:</b> Variations mensuelles des teneurs en orthophosphates des eaux du golfe d'Annaba. ---	46
<b>Figure 26 :</b> Variation Variations Spatio-temporelles des teneurs en zinc dans les eaux du golfe d'Annaba. -----	65
<b>Figure 27:</b> Variation Variations Spatio-temporelles des teneurs en cuivre dans les eaux du golfe d'Annaba. -----	66
<b>Figure 28:</b> Variation Variations Spatio-temporelles des teneurs en chrome dans les eaux du golfe d'Annaba. -----	67
<b>Figure 29:</b> Variation Variations Spatio-temporelles des teneurs en nickel dans les eaux du golfe d'Annaba -----	68
<b>Figure 30:</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en zinc dans les feuilles adultes de posidonie. -----	69
<b>Figure 31 :</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en cuivre dans les feuilles adultes de posidonie.-----	70
<b>Figure 32:</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en chrome dans les feuilles adultes de posidonie.-----	71
<b>Figure 33:</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en nickel dans les feuilles adultes de posidonie.-----	72
<b>Figure 34:</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en cadmium dans les feuilles adultes de posidonie.-----	73
<b>Figure 35:</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en zinc dans les épiphytes des feuilles de <i>P.</i> <i>oceanica</i> . -----	74
<b>Figure 36 :</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en cuivre dans les épiphytes des feuilles de <i>P.</i> <i>oceanica</i> . -----	75

<b>Figure 37:</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en chrome dans les épiphytes des feuilles de <i>P. oceanica</i> .-----	76
<b>Figure 38:</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en nickel dans les épiphytes des feuilles de <i>P. oceanica</i> .-----	77
<b>Figure 39:</b> Variations Spatio-temporelles des teneurs en cadmium dans les épiphytes des feuilles de <i>P. oceanica</i> .-----	78
<b>Figure 40:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo: habbeche, 2021).-----	91
<b>Figure 41:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).-----	91
<b>Figure 42:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).-----	91
<b>Figure 43 :</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).-----	92
<b>Figure 44:</b> Pourcentage des épiphytes dans la station (S1)-----	92
<b>Figure 45:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche,2021).-----	93
<b>Figure 46:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).-----	93
<b>Figure 47:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).-----	93
<b>Figure 48:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021). A gauche : Spirorbis corrugatus, à droite Balanus perforatus.-----	94
<b>Figure 49:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).-----	94
<b>Figure 50:</b> Pourcentage des épiphytes dans la station (S2)-----	94
<b>Figure 51:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021). A gauche : <i>Electra posidonia</i> , à droite <i>Aetea. Sp.</i> -----	95
<b>Figure 52:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021). A gauche : <i>Microporellaciliata</i> , à droite <i>Diphasia attenuata</i> .-----	95
<b>Figure 53:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).A gauche : <i>Amphisbetia operculata</i> , à droite <i>Aglaphenoia. Sp.</i> -----	95
<b>Figure 54:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021). A gauche : <i>Spirorbis corrugatus</i> , à droite <i>Balanus perforatus</i> .-----	96
<b>Figure 55:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021). <i>Columbella rustica</i> .-----	96
<b>Figure 56:</b> Pourcentage des épiphytes dans la station (S3)-----	96
<b>Figure 57 :</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).A gauche : <i>Electra posidonia</i> , à droite <i>Aetea. Sp.</i> -----	97
<b>Figure 58:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021). A gauche : <i>Microporella ciliata</i> , à droite <i>Schizobrachiella sanguinea</i> .-----	97
<b>Figure 59:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021). A gauche : <i>Diphasia attenuata</i> , à droite <i>Amphisbetia operculata</i> .-----	97
<b>Figure 60:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).A gauche : <i>Aglaphenoia. Sp</i> , à droite <i>Spirorbis corrugatus</i> .-----	97
<b>Figure 61:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).A gauche : <i>Balanus perforatus</i> , à droite <i>Columbella rustica</i> .-----	98
<b>Figure 62:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021). <i>Amphiro aanceps</i> -----	98
<b>Figure 63:</b> Pourcentage des épiphytes dans la station (S4)-----	98
<b>Figure 64:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche A ,2021).A gauche : <i>Electra posidonia</i> , à droite <i>Aetea. Sp.</i> -----	99
<b>Figure 65:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche A ,2021).A gauche : <i>Diphasia attenuata</i> , à droite <i>Amphisbetia operculata</i> .-----	99
<b>Figure 66:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche A ,2021).A gauche : <i>Aglaphenoia. Sp</i> , à droite : <i>Balanus perforatus</i> .-----	99
<b>Figure 67:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche A ,2021). <i>Columbella rustica</i> .-----	99
<b>Figure 68:</b> Pourcentage des épiphytes dans la station (S5)-----	100

<b>Figure 69:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).A gauche : <i>Electra posidonia</i> , à droite <i>Aetea. Sp.</i> -----	101
<b>Figure 70:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).A gauche : <i>Microporella ciliata</i> , à droite <i>Diphasia attenuata.</i> -----	101
<b>Figure 71:</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).A gauche : <i>Amphisbetia operculata</i> , à droite <i>Aglaphenoia. Sp.</i> -----	101
<b>Figure 72 :</b> Epiphytes fixé sur la feuille de <i>P. oceanica</i> (Photo : habbeche, 2021).A gauche : <i>Balanus perforatus</i> , à droite <i>Columbella rustica.</i> -----	101
<b>Figure 73:</b> Pourcentage des épiphytes dans la station (S6) -----	102
<b>Figure 74:</b> Représentation de l'abondance relative (fi) des espèces d'épiphytes récoltés dans les stations S1, S2, S3. -----	105
<b>Figure 75:</b> l'abondance relative (fi) des espèces d'épiphytes récoltés dans les stations S4, S5, S6. -----	106
<b>Figure 76:</b> Variation saisonnière du nombre moyen des feuilles globales de posidonie. -----	116
<b>Figure 77:</b> Variation saisonnière du nombre moyen des feuilles adultes de posidonie. -----	117
<b>Figure 78:</b> Variation saisonnière du nombre moyen des feuilles intermédiaires de posidonie.----	118
<b>Figure 79:</b> Variation saisonnière du nombre moyen des feuilles juvéniles de posidonie. -----	119
<b>Figure 80:</b> Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles globales de posidonie.----	121
<b>Figure 81:</b> Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles adultes de posidonie. ----	122
<b>Figure 82:</b> Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles intermédiaires de posidonie. -----	123
<b>Figure 83:</b> Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles juvéniles de posidonie. ---	124
<b>Figure 84:</b> Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles globales de posidonie. -----	126
<b>Figure 85:</b> Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles adultes de posidonie.-----	127
<b>Figure 86:</b> Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles intermédiaires de posidonie. -----	128
<b>Figure 87:</b> Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles juvéniles de posidonie. ----	129
<b>Figure 88:</b> Variation saisonnière du coefficient A des feuilles globales de posidonie. -----	131
<b>Figure 89:</b> Variation saisonnière du coefficient A des feuilles adultes de posidonie. -----	132
<b>Figure 90:</b> Variation saisonnière du coefficient A des feuilles intermédiaires de posidonie. -----	133
<b>Figure 91:</b> Variation saisonnière de la surface foliaire des feuilles de <i>P.oceanica.</i> -----	134
<b>Figure 92:</b> Analyse factorielle de la distribution des facteurs influant les paramètres phénologiques de <i>P. oceanica.</i> -----	109

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Caractérisation des stations de prélèvements.....	14
<b>Tableau 2</b> : Plan d'échantillonnage.....	26
<b>Tableau 3</b> : Effet globale de (saison * station) sur le taux globale des paramètres physicochimiques. .....	48
<b>Tableau 4</b> : Effet de saison, station et compartiments sur chaque paramètre physico-chimique .....	50
<b>Tableau 5</b> : comparaison stationnelle du taux d'oxygène dissous .....	52
<b>Tableau 6</b> : comparaison stationnelle du taux de température.....	53
<b>Tableau 7</b> : comparaison stationnelle du taux de pH.....	54
<b>Tableau 8</b> : comparaison stationnelle du taux de la salinité .....	55
<b>Tableau 9</b> : comparaison stationnelle du taux de MES.....	56
<b>Tableau 10</b> : comparaison stationnelle du taux de nitrite .....	57
<b>Tableau 11</b> : comparaison stationnelle du taux de nitrate.....	58
<b>Tableau 12</b> : comparaison stationnelle du taux d'ammonium .....	59
<b>Tableau 13</b> : comparaison stationnelle du taux d'ortho phosphate.....	60
<b>Tableau 14</b> : comparaison saisonnière du taux d'oxygène dissous, T° et pH.....	62
<b>Tableau 15</b> : comparaison saisonnière du taux salinité, MES et nitrite.....	63
<b>Tableau 16</b> : comparaison saisonnière du taux nitrate, ammonium et ortho phosphate .....	64
<b>Tableau 17</b> : Effet globale de (saison, station et compartiments) sur le taux global ETM.....	80
<b>Tableau 18</b> : Effet de saison, station et compartiments sur chaque Métal.....	82
<b>Tableau 19</b> : comparaison saisonnière du taux de zinc et chrome.....	83
<b>Tableau 20</b> : comparaison saisonnière du taux de cuivre, nickel et cadmium.....	84
<b>Tableau 21</b> : comparaison stationnelle du taux de zinc .....	85
<b>Tableau 22</b> : comparaison stationnelle du taux de chrome.....	86
<b>Tableau 23</b> : comparaison stationnelle du taux de cuivre.....	87
<b>Tableau 24</b> : comparaison stationnelle du taux de nickel.....	88
<b>Tableau 25</b> : comparaison stationnelle du taux de cadmium.....	89
<b>Tableau 26</b> : La variation saisonnière des espèces d'épiphytes des feuilles de <i>P. océanica</i> recensées au niveau des six stations d'étude ; S1, S2, S3, S4, S5 et S6. (*) : Présence ; (case vide) : Absence. .....	90
<b>Tableau 27</b> : La comparaison des types d'épiphytes selon les stations. ....	103
<b>Tableau 28</b> : Richesse totale et richesse moyenne dans les six stations du golfe d'Annaba .....	104
<b>Tableau 29</b> : Classement des espèces selon leur fréquence d'occurrence (F) .....	107
<b>Tableau 30</b> : Les valeurs de l'indice de Shannon et l'indice d'Equitabilité. ....	108
<b>Tableau 31</b> : Phénogramme des espèces recensées dans la station S1 .....	109
<b>Tableau 32</b> : Phénogramme des espèces recensées dans la station S2 .....	110
<b>Tableau 33</b> : Phénogramme des espèces recensées dans la station S3 .....	111
<b>Tableau 34</b> : Phénogramme des espèces recensées dans la station S4 .....	112
<b>Tableau 35</b> : Phénogramme des espèces recensées dans la station S5 .....	113
<b>Tableau 36</b> : Phénogramme des espèces recensées dans la station S6 .....	114
<b>Tableau 37</b> : Le nombre moyen des feuilles de <i>P. oceanica</i> au niveau des stations étudiées.....	115
<b>Tableau 38</b> : La longueur moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> (en centimètre).....	120
<b>Tableau 39</b> : La largeur moyenne des feuilles de <i>P. oceanica</i> (en centimètre).....	125
<b>Tableau 40</b> : variabilité du coefficient A (%) des feuilles et la surface foliaire (en cm <sup>2</sup> ) chez <i>P. oceanica</i> .....	130
<b>Tableau 41</b> : Effet des variations saisonnières et stationnaires sur la biométrie des feuilles de <i>P. oceanica</i> (Tests multivariés : GLM) .....	135
<b>Tableau 42</b> : Effet des variations saisonnières et stationnaires sur les différents paramètres phénologiques étudiés (Tests effets intersujets : GLM).....	136
<b>Tableau 43</b> : Matrice de corrélation entre les différents paramètres phénologiques étudiés.....	107
<b>Tableau 44</b> : Comparaison des paramètres physicochimiques des eaux côtières Algérienne. ....	114

<b>Tableau 45:</b> Comparaison des concentrations des éléments nutritifs des eaux côtières Algérienne. ....	116
<b>Tableau 46:</b> Ordre d'enrichissement des six stations d'étude pour chaque métal mesuré dans les eaux du golfe d'Annaba. ....	118
<b>Tableau 47 :</b> Ordre d'enrichissement des ETM des eaux du golfe d'Annaba. ....	118
<b>Tableau 48:</b> Concentrations des ETM dans les feuilles adultes de <i>P. oceanica</i> dans les différentes régions de la Méditerranée. ....	121

## Sommaire

1. Introduction.....	1
1.1 Les herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> .....	3
1.2. Régression des herbiers.....	4
1.3. Les métaux lourds.....	5
1.4. <i>Posidonia oceanica</i> : bioindicateur de la qualité des eaux.....	6
1.5. Les épiphytes des feuilles de <i>P. oceanica</i> .....	7
1.6. L'objectifs de notre étude.....	9
2. Materiel et methodes.....	11
2.1. <i>P. oceanica</i> .....	11
2.2 Présentation de la région d'étude.....	12
2.2.1 Le golfe d'Annaba.....	12
2.3. Etudes des paramètres physico-chimiques.....	21
2.4.1 Paramètres mesurés in situ.....	21
2.4.2 Paramètres dosés au laboratoire.....	21
2.4.1 Etude phénologique.....	26
2.4.2 Identification des principales espèces d'épiphytes des feuilles de <i>P. oceanica</i> .....	30
2.5. Préparation des divers compartiments pour les dosages des ETM.....	33
2.5.1 Dosage des ETM par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).....	35
3. Résultats.....	38
1. Paramètres physico-chimiques de l'eau de mer.....	38
1.1. Température.....	38
1.2 Oxygène dissous.....	39
1.3. Potentiel d'hydrogène (pH).....	40
1.4. Salinité.....	41
2. Paramètre dosé au laboratoire.....	43
2.1 Teneurs en ammonium.....	43
2.2 Teneurs en nitrate.....	44
2.3 Teneurs en nitrite.....	45
2.4 Teneurs en orthophosphates.....	46
Paramètres physico-chimiques.....	47
3. ETM dans l'eau de mer.....	65
3.1 Le zinc.....	65
3.2 Le cuivre.....	66
3.3 Le chrome.....	67
3.4 Le nickel.....	68
4. Les ETM dans les Feuilles adultes de <i>P. oceanica</i> .....	69
4.1 Le zinc.....	69

4.2 Le cuivre .....	70
4.3 chrome .....	71
4.4 Le nickel .....	72
4.5 cadmium .....	73
5. Les ETM mesurés dans les épiphytes de <i>P. oceanica</i> .....	74
5.1. Le zinc .....	74
5.2 Le cuivre .....	75
5.3. Le chrome .....	76
5.4 nickel.....	77
5.5 cadmium .....	78
Métaux lourds .....	79
6. Identification des principales espèces d'épiphytes des herbiers à <i>P. oceanica</i> .....	90
6.1 Épiphytes de l'herbier de la station (S1) .....	91
6.2 Épiphytes de l'herbier de la station (S2) .....	93
6.3 Épiphytes de l'herbier de la station (S3) .....	95
6.4 Épiphytes de l'herbier de la station (S4) .....	97
6.5 Épiphytes de l'herbier de la station (S5) .....	99
6.6 Épiphytes de l'herbier de la station (S6) .....	101
7. Variations des paramètres phénologiques .....	115
7.1 Le nombre moyen des feuilles globales par faisceau .....	116
7.2 Le nombre moyen des feuilles adultes par faisceau .....	117
7.3 Le nombre moyen des feuilles intermédiaires par faisceau.....	118
7.4 Le nombre moyen des feuilles juvéniles par faisceau .....	119
7.5 La longueur moyenne des feuilles globales.....	121
7.7 La longueur moyenne des feuilles intermédiaires .....	123
7.8 La longueur moyenne des feuilles juvéniles.....	124
7.9 La largeur moyenne des feuilles globales.....	126
7.10 La largeur moyenne des feuilles adultes.....	127
7.11 Largeur moyenne des feuilles intermédiaires .....	128
7.12 Largeur moyenne des feuilles juvéniles .....	129
7.13Le coefficient A des feuilles globales.....	131
7.14 Le coefficient A des feuilles adultes.....	132
7.15 Le Coefficient A des feuilles intermédiaires .....	133
7.16 La surface foliaire .....	134
Analyse statistique.....	135
Paramètre phénologique .....	135
4. Discussion .....	111
5. Conclusion .....	128

6. References..... 131

# **Introduction**

# 1. Introduction

Parmi les majeurs problèmes qui se pose actuellement est la préservation de la qualité de l'environnement, surtout l'environnement marin. Selon **Ramade (1992)** "La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature".

Toujours d'après **Ramade (1992)**, les premières causes de la contamination de l'environnement apparurent au néolithique suite à la découverte de l'agriculture qui a engendré la sédentarisation des hommes et la création de cités où la densité des populations n'a pas cessé de croître. Cependant, ces sources de pollutions demeurèrent limitées à la contamination microbiologie des eaux par les effluents domestiques et plus rarement de la manipulation de divers métaux non ferreux toxiques par les méthodes primitives. Pendant toute la période historique du XVIII<sup>e</sup> siècle en Europe, les pollutions furent toutefois plus limitées. C'est à la naissance de la grande industrie, au milieu du siècle dernier, que la contamination de l'eau, de l'air et parfois des sols devienne localement préoccupante dans les alentours des installations minières ou métallurgiques et dans les grandes cités industrielles surpeuplées (**Organization, 1995; Ramade, 1992**).

La pollution augmente dans les bassins où les eaux sont peu renouvelées, et devient plus forte au droit des égouts ou aux débouchés de collecteurs urbains en mer. Bien que le milieu marin dispose d'un pouvoir d'autoépuration qui lui permet de dissoudre tout agent nocif exogène, il n'en demeure pas moins que le phénomène de pollution a pris une telle ampleur que les mécanismes naturels de ce milieu s'en trouvent perturbés (**Aubert et al., 1973**). Aussi le développement de nos sociétés industrielles est très lié à la découverte et à l'utilisation de métaux. Ainsi, la consommation de métaux a augmenté de 300 % dans les cinquante dernières années et les relargages anthropogéniques d'éléments métalliques tels que Pb, Hg, Zn, Cd, Cu et Cr ont été multipliés par trois, depuis le début de l<sup>ère</sup> industrielle (**Rollin et al., 2006**).

Ces rejets sont souvent responsables de modifications apparentes dans le biotope, réversibles, ou irréversibles dans le pire des cas. En effet, les différentes formes de pollution se traduisent par un déséquilibre de l'environnement, pouvant entraîner la contamination ou la destruction de la faune et de la flore marines, si bien qu'aux débouchés des émissaires, seuls quelques représentants de la faune benthique subsistent (**Amarouche, 2005**).

Les dangers de la pollution du milieu marin sont plus importants dans les mers fermées que dans les océans (**Aubert et al., 1973**). De par ses caractéristiques géomorphologiques et son caractère de mer semi-fermée, la Méditerranée est l'une des mers les plus polluées du monde, et ce, suite à l'extraordinaire densité de l'activité industrielle le long de ses côtes. Elle accumule 5 à 10 fois plus de polluants que les océans. Par ailleurs, la circulation de l'eau qui entre de l'Atlantique est très lente et reste dans ce bassin 80 ans en moyenne avant de ressortir en s'écoulant sur le fond du détroit de Gibraltar. Cette rétention des eaux influe sans aucun doute sur l'accumulation des substances chimiques toxiques (**Aubert et al., 1983**). En Méditerranée, les fonds littoraux sont souvent occupés par les herbiers de posidonies. Ces herbiers caractérisent l'étage infralittoral où ils colonisent les substrats meubles (**Pnue-Car/Asp, 2001**). Or, de nombreux travaux (**Molinier et al., 1952; Augier et al., 1969; Astier, 1972; Boudouresque, 2000**) ont montré l'importance fondamentale des herbiers de posidonie dans la richesse et l'économie des fonds marins méditerranéens, en même temps que l'exceptionnelle fragilité de cette formation climacique qui constitue actuellement l'un des peuplements benthiques méditerranéens les plus menacés par les nuisances littorales. En effet, les observations attestent d'une régression de ces herbiers et de la réduction des surfaces occupées en réponse à la dégradation des conditions du milieu. Cette régression conduirait à un appauvrissement qualitatif et quantitatif des espèces végétales et animales et à des modifications au sein de la biodiversité (**Bellan-Santini et al., 1984**). La déstructuration d'un herbier aura également des répercussions sur sa productivité, ce qui entraînerait un déséquilibre au niveau de nombreuses communautés méditerranéennes. La modification d'un herbier constitue un véritable système d'alarme dans la lutte contre la pollution. Leur protection s'impose donc non seulement pour des raisons d'équilibre écologique et de protection du patrimoine, mais aussi pour des raisons économiques (**Boudouresque et al., 1982**), sachant que des peuplements ou communautés soumises à des stress déstructurant exigent pour se reconstituer plusieurs années (**Bellan, 1994**). A titre d'exemple, si la régression de plusieurs hectares d'herbiers de *P.oceanica* peut s'observer en deux ou trois ans, il faudra attendre 90 ans pour pouvoir observer la recolonisation d'un seul hectare (**Pergent-Martini et al., 1996; Pergent-Martini et al., 2000**).

## 1.1 Les herbiers à *Posidonia oceanica*

Les Magnoliophytes correspondent à ce que l'on nommait autre fois Phanérogames (*Plantae*); Les Magnoliophytes continentales sont retournées dans le milieu marin il y a 120 à 100 millions d'années (Ma), au Crétacé. Leurs lointains ancêtres avaient quitté ce même milieu marin pour partir à la conquête des continents il y a environ 475 Ma, à l'Ordovicien ( **Boudouresque et al., 1982; Wellman et al., 2003; Boudouresque et al., 2006**). Les Magnoliophytes marines représentent 12 genres (*Amphibolis, Cymodocea, Enhalus, Halodule, Halophila, Heterozostera, Phyllospadix, Posidonia, Syringodium, Thalassia, Thalassodendron* et *Zostera*) et 60 espèces (**Kuo et al., 2001**). Toutefois, si les Magnoliophytes marines sont peu nombreuses, leur poids écologique est considérable dans les milieux littoraux : un grand nombre d'entre elles sont des ingénieurs d'écosystèmes. *P. oceanica* constitue l'une des espèces les plus importantes et les plus étudiées de l'étage infralittoral de la Méditerranée. Endémique de cette mer, la Posidonie revêt un rôle de premier ordre au niveau écologique et économique (**Boudouresque et al., 2006**). Elle est présente dans presque tout le bassin méditerranéen (**Boudouresque et al., 2006**). A l'ouest, elle disparaît un peu avant le détroit de Gibraltar (**Conde Poyales, 1989**). A l'Est, elle est absente des côtes d'Egypte (à l'Est du delta du Nil), de Palestine, du Liban (**Por et al., 1978**) et de la Syrie. Elle ne pénètre pas en mer noire. Enfin, elle est rare ou absente dans l'extrême nord de l'Adriatique ( **Zalokar, 1942; Gamulin-Brida et al., 1973; Gamulin-Brida, 1974**) et le long des côtes languedociennes (**Boudouresque et al., 1982**). Cette plante est constituée par des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment, que l'on nomme rhizomes. Les rhizomes rampants sont dits plagiotropes et les rhizomes dressés sont dits orthotropes. Les rhizomes se terminent par des groupes de 4 à 8 feuilles (faisceaux), larges de 8-11 mm et longues de 20-80 cm. Les rhizomes portent également des racines qui peuvent descendre jusqu'à 70 cm dans le sédiment ( **Giraud, 1979; Boudouresque et al., 1982**). Et de nouvelles feuilles se forment toute l'année. Elles vivent entre cinq et huit mois, plus rarement jusqu'à 13 mois. La zone de croissance des feuilles est située à leur base. On nomme feuilles juvéniles les feuilles de moins de cinq centimètres de longueur et feuilles intermédiaires les feuilles de plus de cinq centimètres sans gaine basale (pétiole) ; lorsque la croissance est terminée, une gaine basale se met en place : la feuille est alors dite adulte (**Giraud, 1979; Ott, 1980; Thelin et al., 1983**).

A leur mort, les feuilles ne se détachent pas en totalité : seul le limbe est caduc (Une feuille comporte un pétiole (base ou gaine), par lequel elle est fixée à la tige ou au rhizome, et un limbe, partie où s'effectue la photosynthèse), tandis que la gaine basale (pétiole), de quelques centimètres de longueur, reste fixée au rhizome. On lui donne alors le nom d'écaille. La chute des feuilles, comme leur formation, se produit tout au long de l'année (**Pergentmartini et al., 1994**). Les « écailles » (comme les rhizomes) sont peu putrescibles, et se conservent donc pendant plusieurs siècles ou millénaires.

Toute une série de paramètres des écailles (longueur, épaisseur, anatomie) varie de façon cyclique le long d'un cycle annuel. On désigne sous le nom de « lépidochronologie » l'analyse de ces cycles (Crouzet, 1981; Crouzet *et al.*, 1983; Pergent *et al.*, 1983; Pergent, Gérard, 1990). La plante *P. oceanica* forme des peuplements denses appelés herbiers dans le biotope photophile de l'étage infralittoral (entre 0 et 40 m de profondeur), sur des substrats meubles, mais également sur substrat dur (Pérès *et al.*, 1964). Les herbiers de *P. oceanica* constituent une biocénose très bien caractérisée : le *Posidonietum oceanicae* (Pérès *et al.*, 1964; Boudouresque, 1968).

L'herbier de posidonie présente un intérêt fondamental, tant au niveau écologique qu'économique, en Méditerranée :

- il contribue à l'équilibre sédimentaire des fonds par sa capacité à piéger les particules présentes dans l'eau (au même titre que la végétation terrestre sur les dunes), et protège la frange côtière de l'érosion par les banquettes de feuilles mortes et par l'atténuation de la force des houles et des courants (Blanc *et al.*, 1978; Boudouresque *et al.*, 1983; Gambi *et al.*, 1989; Gacia *et al.*, 1999).

- il est source de nourriture, et sert de lieu de frayère, de nurseries et d'habitat pour plus de 1000 espèces animales mentionnées dans la littérature comme appartenant aux communautés biotiques liées aux herbiers de posidonies (Barberá-Cebrián *et al.*, 2002).

Ses feuilles et les algues épiphytes associées des feuilles assurent une large part de la production d'oxygène de l'étage infralittoral (Bay, 1978; Frankignoulle *et al.*, 1984).

- il est le lieu d'une production primaire importante (Boumaza *et al.*, 2000).

En effet, les valeurs de production primaire des herbiers à *P. oceanica* calculées dans une trentaine de stations en Méditerranée, entre -0.5 et -32 m, s'échelonnent, en fonction du site et de la profondeur, entre 130 et 1280 g de poids sec/m<sup>2</sup>/an (Pergent *et al.*, 1997), ont évalué la production primaire de l'herbier de l'anse de Kouâli entre 773 et 1496 g de poids sec/m<sup>2</sup>/an, ces valeurs sont importantes comparées aux résultats relevés dans d'autres régions de la Méditerranée. Cette production primaire est à la base de nombreuses chaînes alimentaires et constitue un pôle de biodiversité (Velimirov, 1984; Verlaque, 1990; Vizzini *et al.*, 2002).

- il exporte de grandes quantités de matière végétale vers d'autres écosystèmes (Buia, *et al.*, 2000).

## 1. 2. Régression des herbiers

La régression des phanérogames marines en général et des herbiers de posidonies en particulier est un phénomène qui a été observé durant le siècle dernier (Den Hartog, 2000).

Les principales causes de régression des herbiers sont :

- Les pollutions industrielles et urbaines : Parmi les contaminants chimiques émis par les rejets terrestres et nocifs pour la Posidonie, citons les éléments en traces métalliques comme le Mercure ; les sels nutritifs ; les détergents ; les HAPs (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) ; les

pesticides et le TBT (Tributylétain), ancien composant des peintures antisalissure des coques, qui réduisent la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica* ( **Pérès et al., 1975; Augier, 1987**).

- La turbidité : la diminution de la transparence de l'eau, sous l'effet de la turbidité ou de l'eutrophisation et du développement du plancton qui en résulte, réduit la quantité de lumière en profondeur. La limite inférieure de l'herbier remonte alors (**Boudouresque, 2003**).

- Les arts traînants : l'utilisation des arts traînants constitue la principale menace directe sur les herbiers (**Tunesi et al., 2006**).

- Les aménagements : le recouvrement par les aménagements littoraux et la modification des flux sédimentaires (exploitation des sables ou aménagement littoral) sont d'importantes menaces sur l'herbier (**Ruiz et al., 2003**).

- La compétition avec des espèces introduites : La *Caulerpa taxifolia* qui colonise presque tous les types de substrats, en particulier les mattes mortes et les prairies à *P.oceanica*; notamment les herbiers stressés ou dégradés dont elle peut accentuer le recul (**Boudouresque et al., 1995**). *Caulerpa racemosa*, la deuxième chlorophyte introduite en Méditerranée, et dont l'expansion est extraordinairement rapide, puisqu'elle est aujourd'hui présente dans la plus grande partie de cette mer (**Verlaque et al., 2003; Pergent-Martini et al., 2005; Boutabia, 2016**).

### 1. 3. Les métaux lourds

Les ETM, faussement appelés « métaux lourds », sont, à l'opposé de beaucoup de contaminants, des constituants naturels de l'environnement marin, mais à dose infinitésimale (**Bryan, 1976**), de l'ordre du microgramme par litre (**Roméo, 1991**); d'où leur appellation de métaux traces. Toutefois, s'ils s'accumulent suite aux activités humaines et aux rejets anthropiques provenant de l'urbanisation et de l'industrialisation intenses des zones côtières, ils peuvent atteindre des teneurs élevées et conduire à la dégradation de la qualité de l'eau et à la destruction, à long terme, de certains maillons des écosystèmes aquatiques. Ils ont à cet égard un retentissement écologique important et créent un danger potentiel pour la santé publique, en raison soit de leur toxicité directe sur les organismes (**Bryan, 1984**), soit des phénomènes de transfert à travers les différents niveaux trophiques (**Roméo, 1991**). En effet, les métaux traces sont caractérisés par leur biodisponibilité, c'est-à-dire leur capacité à être absorbés par les organismes vivants, à réagir avec les structures cellulaires, et à entrer par la suite dans la chaîne alimentaire (**Ramade, 1992**). Au sein du groupe des métaux traces, certains, à l'exemple du cuivre et zinc, sont essentiels pour les organismes vivants (**Da Silva et al., 1978**), et sont souvent liés à des protéines. Leur rôle est important en tant qu'activateurs enzymatiques et ils sont impliqués dans la biosynthèse de certaines enzymes et dans la croissance hormonale (**Lyngby et al., 1982**). Toutefois, s'il ne fait aucun doute que ces métaux sont nécessaires à la croissance, à l'opposé, de fortes concentrations de ces éléments dans l'eau de mer peuvent avoir les effets

contraires. En revanche, les métaux toxiques, tels le mercure, le cadmium et le plomb, n'entrent pas dans les systèmes métaboliques. Certaines protéines, dont les métallothionéines, peuvent les fixer. Le métal ainsi stocké entre en compétition avec les groupements thiols (-SH). Il s'ensuit une désorganisation de l'activité cellulaire (Asso, 1982). Il existe deux voies pouvant conduire à l'accumulation des métaux traces au niveau de *P. oceanica* : une absorption par les racines à partir de l'eau interstitielle des sédiments suivie d'une translocation acropétale des racines vers les rhizomes et les feuilles, et une adsorption directe à partir de la colonne d'eau par les feuilles. Ces deux modes d'accumulation peuvent être opérationnels dans la même plante (Lyngby *et al.*, 1982). Pour le zinc par exemple, Lyngby *et al.*, (1982), constatent chez *Zostera marina* que son absorption peut se dérouler à travers deux mécanismes : une adsorption passive vers les constituants à charge négative de la paroi cellulaire, ou une absorption lente et irréversible.

Les mécanismes de passage des métaux à travers les membranes biologiques ne sont pas complètement élucidés. Selon Roméo (1991), il semble que le mercure traverse préférentiellement les bicouches phospholipidiques sous forme d'espèces chimiques neutres, tels que les complexes chlorés (HgCl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>HgCl). Le méthylmercure a tendance à former des complexes avec les groupements thiols (-SH) qui s'échangent très rapidement avec les groupements thiols libres présents dans le milieu intracellulaire ; de ce fait, le méthylmercure pénètre à l'intérieur des cellules.

En outre, l'accumulation des métaux au niveau des différents tissus des phanérogames dépendrait des affinités de ces métaux avec les composés de la plante. Les groupes carboxyliques et phosphoriques des composés cellulaires (lipides, protéines et polysaccharides) présentent plus de sites anioniques. Finalement, les métaux contenus dans les phanérogames passent dans la chaîne trophique à travers le broutage et la chaîne détritique (Prange *et al.*, 2000). Les détritiques peuvent en effet constituer un moyen de transfert indirect des métaux traces à travers les détritiques-feeders.

#### **1.4. *Posidonia oceanica* : bioindicateur de la qualité des eaux**

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

- Turbidité moyenne des eaux (matérialisée par la position de sa limite inférieure et par la densité des faisceaux).
- Courants et hydrodynamisme (matérialisés par les structures érosives qui affectent la « matre »),
- Taux de sédimentation (matérialisé par la vitesse de croissance des rhizomes et, en cas de déficit, par leur déchaussement),
- Polluants stables (concentration et mémorisation des teneurs au cours du temps).
- Dessalure au débouché de fleuves côtiers ou de nappes phréatiques (matérialisée par la disparition de l'herbier),
- Stress (matérialisé en particulier par la teneur de la plante en acides phénoliques et enzymes de détoxication),
- Matière organique et nutriments (matérialisés par les épiphytes des feuilles et la composition chimique de la plante (**Boudouresque et al., 2006**)).

Un autre descripteur particulièrement intéressant à prendre en compte, même si sa standardisation est encore en cours, est la concentration en contaminants (**Pergent-Martini, 2000**). En effet, comme de nombreuses magnoliophytes, *P. oceanica* présente à la fois :

- Un fort pouvoir de concentration en éléments traces, proportionnel aux teneurs présentes dans le milieu (**Augier, 1985; Capiomont et al., 2000; Pergent-Martini et al., 2000; Baroli et al., 2001**).
- Une bonne résistance à la contamination métallique (l'espèce persiste au voisinage de sources importantes). Aussi, *P. oceanica* a été souvent considérée comme un bio-indicateur de contamination métallique depuis de nombreuses années (**Ferrat et al., 2003**).

### **1. 5. Les épiphytes des feuilles de *P. oceanica***

Le terme épiphyte comprend l'ensemble des organismes vivant à la surface d'une plante (ici, la feuille de *P. oceanica*). Parmi ceux-ci, on distingue les organismes vagiles (organismes mobiles liés au substrat par les conditions écologiques qu'il procure) et les organismes fixés (Attachés au substrat). Ces épiphytes participent activement à la production primaire totale de l'écosystème "herbier" (27, 5 % ; (**Dauby et al., 1995**), et représentent une partie très importante de la biomasse totale des feuilles de *P. oceanica* (20 à 40 %) (**Gobert et al., 1995; Mazzella et al., 1995; Lepoint et al., 1999**). Cette biomasse varie selon la période de l'année, l'âge de la feuille et le segment de feuille considéré (on observe plus d'épiphytes sur les parties les plus âgées), la face de la feuille (nombre plus important sur la face interne) et la profondeur ( **Novak, 1984; Mazzella et al., 1995; Alcoverro et al., 1997; Lepoint et al., 1999; Alcoverro et al., 2004**). Cette importance de la couverture épiphytique peut poser problème à la plante puisque la lumière, indispensable au bon fonctionnement de la photosynthèse, atteint alors plus difficilement la surface foliaire (**Howard, 1982**). Cependant, il semble que, dans des conditions normales (sans phénomène d'eutrophisation qui

augmente de manière importante la croissance des épiphytes, par exemple), les gains en carbone de la phanérogame ne sont pas trop diminués (entre 4,7 et 8,8 % suivant la saison et la profondeur ; **(Alcoverro et al., 2004)**). En plus d'une variation de biomasse, la profondeur et la saison sont également responsables de variations spécifiques au sein de la communauté épiphyte et une zonation, qui se marque par des variations de l'abondance relative des différentes espèces, est également observée le long de la feuille, principalement en ce qui concerne les algues **(Livingston, 1984; Novak, 1984; Mazzella et al., 1995; Trautman et al., 1999)**.

Les épiphytes jouent également un rôle essentiel dans les transferts d'énergie de l'herbier vers les niveaux trophiques supérieurs. En effet, il semblerait que peu d'animaux se nourrissent directement des tissus de la posidonie et qu'ils leurs préfèrent les divers organismes épiphytes, principalement les algues **(Bell et al., 1984; Van Montfrans et al., 1984; Mazzella et Russo, 1989; Mazzella et al., 1995; Lepoint et al., 2000; Vizzini et al., 2002)**. Cette grande consommation par les herbivores est responsable d'une certaine variabilité entre les biomasses épiphytiques de différentes régions d'herbiers **(Alcoverro et al., 1997)** et peut aussi jouer un rôle de régulation lorsque la communauté épiphyte se développe de manière exubérante (dans le cas d'une eutrophisation par exemple **(Heck Jr et al., 2003)**).

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

Parmi les espèces dites vagiles, on trouve le plus souvent des mollusques, des polychètes, des naupliés, des isopodes, des amphipodes, des décapodes, des acariens ou encore des copépodes. En fait, la complexité de l'habitat formé par les feuilles de posidonies et ses épiphytes fixés fournit des avantages considérables pour cette faune vagile, comme une grande disponibilité des ressources alimentaires (microépiphytes, matière organique particulière) et un grand choix de zones de refuge **(Bell et al., 1984; Mazzella et Russo, 1989; Chimenz et al., 1989; Connolly et al., 1996; Scipione et al., 1996)**.

## 1.6. L'objectifs de notre étude

Ce travail s'inscrit dans la recherche d'indicateurs précoces de perturbations du milieu côtier méditerranéen. Comme l'herbier de posidonies et ses épiphytes est un des piliers de cet écosystème, il représente un outil de choix pour l'étude de ces perturbations. Donc à partir de cette espèce caractéristique, nous avons tenté de déterminer les facteurs environnementaux qui influence l'état de santé de l'herbier de posidonie et ses épiphytes et comparer saisonnièrement la dynamique de *P. oceanica* présent dans six stations du golfe d'Annaba avec des niveaux d'anthropisation et des degrés de pollution qui diffère d'une station à l'autre et par l'évaluation des niveaux de contamination actuelle de quatre métaux traces : zinc, cuivre, nickel et chrome.

Les parties réalisées dans ce travail sont :

- Aborder l'état de santé de *P. oceanica* à travers le suivi de la variation saisonnière des paramètres phénologiques. Une étude biométrique de l'herbier de posidonie *P. oceanica* a été réalisée dans différentes stations du golfe de la Wilaya d'Annaba. Les stations ont été choisies en fonction de leur accessibilité, la présence de l'herbier, l'hydrodynamisme et la présence de sources de pollution.
- Analyser saisonnières de l'évolution des teneurs de cinq métaux lourds (zinc, cuivre, nickel, chrome et cadmium) dans les trois compartiments : feuilles adultes, les épiphytes de *P. oceanica* et les eaux du golfe d'Annaba.
- Mesure mensuelle (douze mois de l'année 2021) des paramètres physicochimiques de l'eau de mer : pH ; température ; salinité ; oxygène dissous et dosage des éléments nutritifs ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ )
- Une identification saisonnière des espèces d'épiphytes qui peuplent les feuilles de *P. oceanica* prélevés des six stations d'étude.

Les résultats obtenus ont fait ressortir un effet station en plus de l'effet saison pour tous les paramètres dosés. Une étude statistiques est effectuée afin d'appuyer nos résultats. Nous avons aussi comparé nos résultats avec ceux d'autres travaux réalisés en méditerranée.

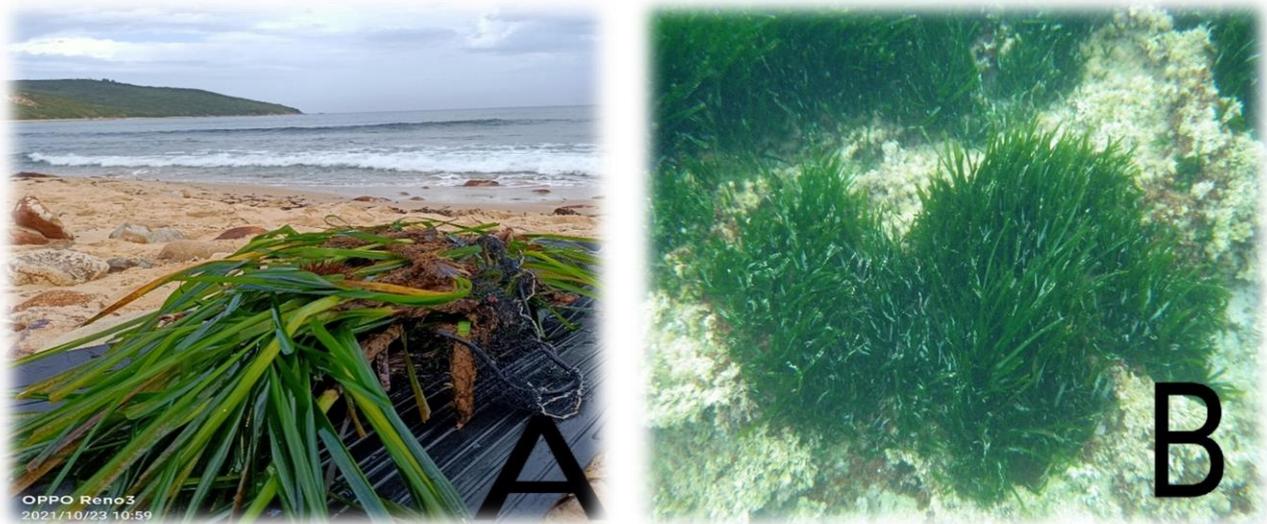
Une comparaison des résultats est effectuée dans un premier temps entre les stations du golfe, puis, entre saisons, avec les données de la littérature pour différentes localité.

# **Matériel et Méthodes**

## 2. Materiel et methodes

### 2.1. *P. oceanica*

*P. oceanica* est une Magnoliophyte marine endémique stricte de la Méditerranée, elle est constituée de vastes prairies sous-marines, appelées herbiers (**Fig. 1**), depuis la surface de l'eau jusqu'à 40 m de profondeur, selon la transparence des eaux. L'herbier de posidonie est considéré comme l'un des écosystèmes les plus importants, voire l'écosystème-pivot des fonds littoraux méditerranéens au même titre que la forêt en milieu terrestre ( **Molinier *et al.*, 1952; Boudousesque *et al.*, 1982**). L'herbier de posidonies joue un rôle dans la qualité des eaux littorales grâce à une importante production d'oxygène (jusqu'à 14 l/j/m<sup>2</sup>) (**Bay, 1978**).



**Figure 1:** (A) : Faisceaux de *P.oceanica*, (B) herbier de *P. oceanica* (photo : Habbeche, 2021).

La position systématique de l'herbier étudié est comme suite :

Règne : *Plantae*

Sous règne : *Tracheobionta*

Super division : *Spermatophyta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Liliopsida*

Sous Classe : *Alismatidae*

Ordre : *Najadales*

Famille : *Posidoniaceae*

Genre : *Posidonia*

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

*P. oceanica* se compose de tiges rampantes ou dressées, généralement enterrées dans les sédiments, appelés rhizomes. Les rhizomes rampants sont dits plagiotropes, et des rhizomes orthotropes dressés. La différence entre rhizomes plagiotropes et orthotropes est non déterminée : selon l'espace disponible, un rhizome orthotrope peut devenir plagiotrope et vice versa (Caye, 1980). Les rhizomes se terminent par des groupes de 4 à 8 feuilles : 8-11 mm de large et 20-80 cm de long. Cependant, cette longueur peut atteindre 156 cm. Les rhizomes ont également des racines, qui peuvent atteindre 70 cm de long dans le sédiment (Boudouresque *et al.*, 2006).

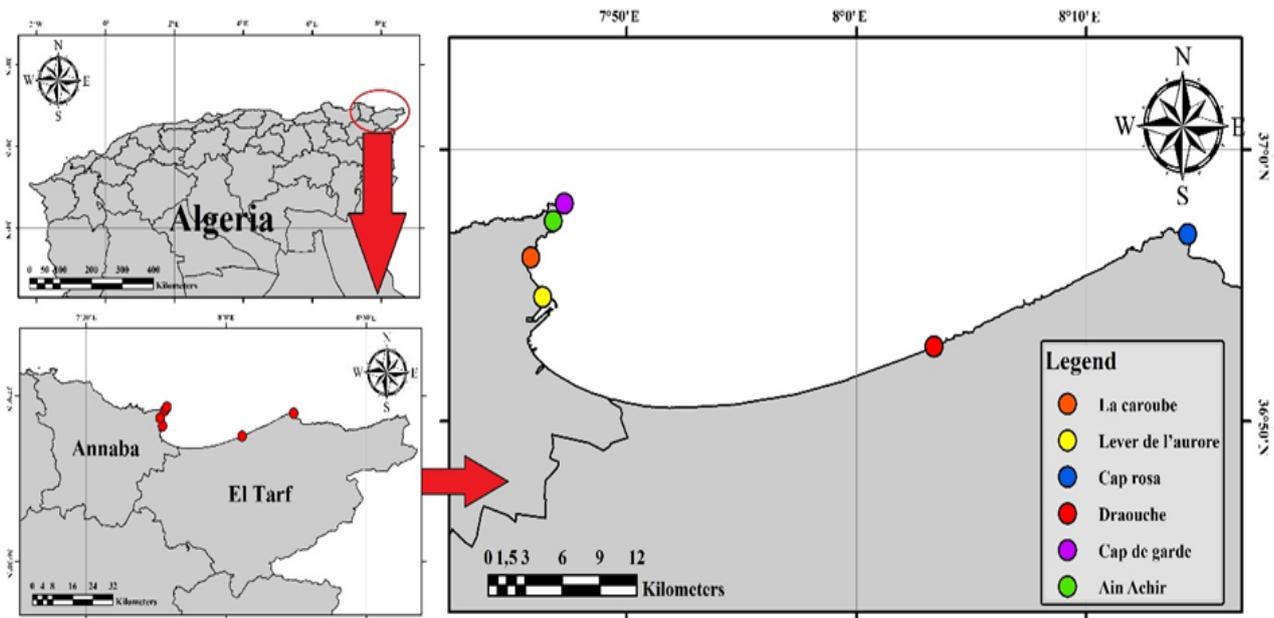
Cette phanérogame marine montre actuellement des signes de dégradation surtout à l'ouest des deux oueds probablement en raison de l'effet entre autres polluants chimiques rejetés par les deux complexes industriels d'El-Hadjar (complexe sidérurgique) et FERTIAL (complexe d'engrais phosphatés) (Boutabia, 2016).

## 2.2 Présentation de la région d'étude

### 2.2.1 Le golfe d'Annaba

Ce travail a été réalisé dans le golfe d'Annaba, une zone littorale, installé sur la côte Algérienne comprise entre le cap rosa 36°56'53.3"N 8°14'24.8"E à l'Est et le cap de Garde à l'Ouest 36°58'01.1"N

7°47'17.2"E. La profondeur maximale des eaux est de 65m, Ce secteur est considéré à vocation économique (activités industrielle, halieutique et tourisme) (**Fig. 2**).



**Figure 2** : Carte géo-référencée de la localisation des stations de travail dans le golfe d'Annaba

Le golfe est battu par des vents Nord à Nord-Ouest de la fin de l'automne jusqu'à la fin du printemps et par un vent d'Est en été. Le côté Sud-Ouest particulièrement exposé aux vents du Nord, est sujette à d'intenses transports et accumulations sédimentaires générés par l'action hydrodynamique (**Boudinar, 2016**). Selon l'étude du LCHF (1976), le mouvement hydrodynamique est généralement de faible amplitude, à l'entrée de la baie d'Annaba on retrouve un mouvement hydrodynamique permanent d'orientation 100° - 120°. Au Sud du cap de Garde, le courant se dirige vers l'Est aux environs de l'oued El-Mafrag en diminuant. Les zones côtières du golfe d'Annaba reçoivent les apports continentaux essentiellement par oued Seybouse (**Reggam et al., 2015**), ce dernier s'étend sur 225 km de long et draine un vaste bassin versant d'une superficie de 6474 km<sup>2</sup> (**Guettaf et al., 2014**), ou s'exercent d'importantes activités agricoles et industrielles intenses (**Ziouch, 2014**). Le débit de l'oued varie entre 0 et 100 m<sup>3</sup>/s, mais pendant les périodes de fortes averses il peut atteindre des valeurs de l'ordre de 630 m<sup>3</sup>/s (**Bougherira et al., 2012**) et décharge annuellement dans le golfe environ un demi-milliard de mètres cubes d'eau (**Derbal, 2007**). Les eaux de l'oued Seybouse sont excessivement riches en nutriments engendrant l'eutrophisation du milieu (**Djabri et al., 1998**). Selon **Ounissi et al., (2002)**, le golfe d'Annaba reçoit de la Seybouse des quantités excessives d'azote minéral (4,3 tonnes/jours), de phosphates (0,7 tonne /jours) et de carbone organique dissous (2,3 tonnes/jours). Dans notre étude nous avons choisi les six stations d'échantillonnage en fonction leur localisation par rapport aux différents rejets et sources de pollution (domestique et/ou industrielle), et

aussi pour recouvrir une plus grande partie du Golfe d'Annaba. Les informations concernant l'emplacement de chaque région sont enregistrées dans le tableau (01).

**Tableau 1** : Caractérisation des stations de prélèvements.

<b>Station</b>	<b>La saison</b>	<b>Profondeur du prélèvement</b>	<b>Cordonnées GPS</b>
S1 : Cap de garde	Hiver	3 m	36°58'01.1"N 7°47'17.2"E
	Printemps	3,5 m	
	Été	1,5 m	
	Automne	2,6 m	
S2 : Ain Achir	Hiver	2,5 m	36°57'22.7"N 7°46'48.8"E
	Printemps	3,2 m	
	Été	1,5 m	
	Automne	2 m	
S3 : La caroube	Hiver	2 m	36°56'02.2"N 7°45'49.3"E
	Printemps	0,2 m	
	Été	0,5 m	
	Automne	0,6 m	
S4 : Lever de l'aurore	Hiver	5,2 m	36°54'34.0"N 7°46'20.7"E
	Printemps	3,2 m	
	Été	2,9 m	
	Automne	1,5 m	
S5 : Draouche	Hiver	2 m	36°52'45.1"N 8°03'22.1"E
	Printemps	2 m	
	Été	1 m	
	Automne	2,2 m	
S6 : Cap Rosa	Hiver	4,9 m	36°56'53.3"N 8°14'24.8"E
	Printemps	2,9 m	
	Été	1,3 m	
	Automne	5 m	

## 2.2.2 Présentation des stations d'échantillonnage

### ❖ Station Cap de garde

Le cap de garde c'est une plage située à l'ouest du Golfe d'Annaba ( $36^{\circ}58'01.1''\text{N}$   $7^{\circ}47'17.2''\text{E}$ ). Ayant le risque le plus faible de pollution en raison de sa position éloignée et du fait qu'elle soit moins accessible que les autres stations. de mise à part la présence de quelques habitations non reliées au réseau d'assainissement. Cette station enregistre très peu de baigneurs en période estivale (**Fig. 3**).



**Figure 3** : vue générale de la station cap de garde (photo : Habbeche, 2021)

#### ❖ Station Ain Achir

Notre deuxième station c'est la plage Ain Achir ( $36^{\circ}57'22.7''N$   $7^{\circ}46'48.8''E$ ), cette dernière se trouve au Sud Est du Cap de garde, elle se trouve à proximité des rejets d'eaux usées de deux centres de repos (ANP et sureté nationale), d'un complexe touristique (Shems les bains) et de quelques petits commerces (restaurants). Aussi c'est la destination de beaucoup de vacanciers en été ce qui explique son exposition à la pollution (**Fig. 4**).



**Figure 4 :** Vue générale de la station d'ain Achir (photo : Habbeche, 2021)

### ❖ La station la caroube

Située dans la partie ouest du golfe ( $36^{\circ}56'02.2''\text{N } 7^{\circ}45'49.3''\text{E}$ ), elle est caractérisée par une grande pression anthropique à cause de l'activité humaine intense (pêche, sport nautique, déchets organiques), et continue toute l'année. C'est une plage très fréquente en été, une partie de cette plage est recouvertes de boues et d'herbes sauvages. Cette dernière reçoit donc, en permanence des quantités énormes d'eaux usées chargées de différents types de polluants. C'est celle qui abrite une biodiversité particulière, notamment un herbier à posidonie dense qui remonte jusqu'à la surface pour créer une large barrière naturelle. Malheureusement, cet herbier est soumis à l'action clandestine d'une cinquantaine de bateaux de plaisance qui amarre tout le long de l'année (Laouati, 2021) (Fig. 5).



**Figure 5:** Vue générale de la station la caroube (photo : Habbeche, 2021)

❖ **La station Lever de l'aurore**

Située en zone périurbaine ( $36^{\circ}54'34.0''\text{N}$   $7^{\circ}46'20.7''\text{E}$ ), pas trop distante du port d'Annaba, cette station reçoit les eaux des fuites des quartiers d'Annaba, des rejets urbains (habitations, commerces, hôpital, Caroubier...) Il s'agit d'une plage de baignade en été et se trouve exposée à un trafic routier intense en plus du trafic maritime du fait de sa proximité du port (pêche, plaisance, voyage, marchandise) (**Fig. 6**).



**Figure 6:** Vue générale de la station lever de l'aurore  
(photo : Habbeche, 2021)

### ❖ La Station Draouche

La station Draouche est une plage située dans la partie est du golfe ( $36^{\circ}52'45.1''\text{N}$   $8^{\circ}03'22.1''\text{E}$ ), à l'ouest de Kouidi et Draouche. Assez loin des agglomérations et très fréquentée en été. Elle est caractérisée par la présence d'une centrale électrique en périphérie de la station, celle-ci génère des perturbations causées par les fonctions de constructions (**Fig. 7**).



**Figure 7 :** Vue générale de la station draouche (photo : Habbeche, 2021)

### ❖ La Station Cap rosa

Cette plage est située à l'est du golfe d'Annaba ( $36^{\circ}56'53.3''\text{N}$   $8^{\circ}14'24.8''\text{E}$ ), située à une vingtaine de kilomètres d'El kala. C'est la destination de plusieurs vacanciers en période estivale, en revanche, elle est éloignée de toute activité urbaine ou industrielle. Elle ne reçoit pas les eaux de ruissellement grâce à sa position éloignée de la ville, donc elle est moins polluée par rapport à d'autres plages (**Fig. 8**).



**Figure 8:** Vue générale de la station cap rosa (photo : Habbeche, 2021)

## 2.3. Etudes des paramètres physico-chimiques

### 2.4.1 Paramètres mesurés in situ

La température, pH, salinité, oxygène dissous et conductivité sont les paramètres physico-chimiques de l'eau qu'ont été mesurés in situ dans chaque station mensuellement à l'aide d'un multi-paramètre (Pionner 20 et Pionner 30) muni de plusieurs sondes préalablement calibré (**Fig. 14**).

### 2.4.2 Paramètres dosés au laboratoire



**Figure 9:** Mesure des paramètres physico-chimiques (photo : Habbeche, 2021).

Pour le dosage de quatre sels nutritifs (l'ammonium, les nitrites, les nitrates et les ortho phosphates), deux bouteilles en plastique d'une capacité d'un litre et demi sont rincées plusieurs fois puis remplies d'eau de mer au niveau de chaque station. Les bouteilles sont remplies jusqu'au bord et les bouchons sont placés de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air (**Rodier et al., 1984**). Les échantillons sont, étiquetés puis transportés dans une glacière.

Au laboratoire, les échantillons sont filtrés à travers un filtre Whatman GF/C (0,45  $\mu\text{m}$ ). Les récipients sont entreposés dans un congélateur à 6°C de température jusqu'à leur analyse (**Organisation Internationale De Normalisation, 2003**). Les dosages ont été réalisés sur le filtrat selon les méthodes colorimétriques décrites par **Aminot et Kérouel (2004)**.

#### ❖ Dosage de l'ammonium

Le principe de base est la réaction de Berthelot où l'ammoniac, en milieu basique, réagit tout d'abord avec l'hypochlorite pour former une monochloramine, puis successivement avec deux molécules de phénol pour former le bleu d'indophénol (**Aminot et Kérouel, 2004**). La réalisation de ce dosage

nécessite l'élaboration d'une gamme étalon d'ammonium ; cette dernière nécessite la préparation de 5 concentrations : 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0  $\mu\text{mol/l}$  en fioles jaugées à partir de la solution diluée d'ammonium à 500  $\mu\text{mol/l}$ . Les étapes du dosage sont les suivantes :

- Prélever 100 ml du filtrat des échantillons et des étalons, puis les transférer dans des récipients appropriés.
- Ajouter 5 ml du réactif R1, fermer et bien mélanger.
- Ajouter sans attendre 5 ml du réactif R2, fermé et mélanger à nouveau.
- Placer le flacon immédiatement à l'abri de la lumière à température ambiante pendant au moins 6 heures.
- Mesurer l'absorbance à une longueur d'onde  $\lambda = 630 \text{ nm}$ .
- Déterminer l'équation de la droite : absorbance = f (concentrations en  $\text{NH}_4^+$ ).
- A partir des résultats obtenus sur la gamme étalon de l'ammonium chacun des échantillons est alors déduit.

#### ❖ Dosage des Nitrates

Le principe de base de la méthode repose sur la réduction quasi quantitative du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), du fait que le dosage du nitrite soit simple, spécifique et sensible, il permet la mesure des faibles concentrations. Le dosage nécessite une colonne en verre remplie de cadmium, le remplissage de la colonne et son activation a été réalisée selon la méthode décrite par (**Aminot et Kérouel, 2004**).

Les étapes du dosage sont les suivantes :

- Prélever 100 ml de la solution à doser.
- Ajouter 2ml de la solution de chlorure d'ammonium, puis mélanger.
- Ajouter 2ml de la solution d'hydroxyde de sodium.
- Passer l'échantillon sur la colonne à 20 - 30 ml/min.
- Récupérer les premiers 30 ml sortant de la colonne pour le rinçage du récipient destiné au dosage.
- Récupérer ensuite 50 ml de l'effluent dans le récipient rincé.

- Doser le nitrite formé lors du passage de l'échantillon sur la colonne en appliquant la procédure décrite dans la méthode de dosage des nitrites.
- La concentration des nitrites mesurés est la somme de la concentration en nitrate initiale du milieu réduit et du nitrite initial du milieu.
- La concentration du nitrate est déduite par soustraction de la concentration des nitrites initiale de la concentration en nitrite mesurés.

#### ❖ **Dosage des Nitrites**

Le principe de base est la réaction de Griess où le nitrite réagit avec une première amine aromatique pour former un diazoïque qui est couplée à une seconde amine aromatique pour produire le colorant rouge (**Aminot et Kérouel, 2004**).

La réalisation du dosage nécessite la préparation d'une gamme étalon de nitrite ; cette gamme nécessite la préparation de 4 concentrations : 0.1, 0.2, 0.5, 1.0  $\mu\text{mol/l}$  en fioles jaugées à partir de la solution étalon diluée de nitrite à 50  $\mu\text{mol/l}$ . Les étapes du dosage s'appliquent aux filtrats d'échantillons et à la gamme étalon dont les étapes sont les suivantes :

- Prélever 50 ml de la solution à doser.
- Ajouter 1ml du réactif R1 puis mélanger.
- Attendre 2 à 5 minutes puis ajouter 1ml du réactif R2.
- Mélanger et laisser agir au moins 10 minutes.
- Lire l'absorbance à une longueur d'onde  $\lambda = 543 \text{ nm}$ .
- Déterminer l'équation de la droite : absorbance = f (concentrations en  $\text{NO}_2^-$ ).
- A partir des résultats obtenus sur la gamme étalon du nitrite chacun des échantillons est alors déduit

#### ❖ **Dosage des orthophosphates**

La méthode repose sur la réaction des ions phosphates avec le molybdate d'ammonium, en présence d'antimoine III ; cette réaction aboutit à la formation d'un complexe phosphomolybdique que l'on réduit par l'acide ascorbique. En effet, le principe de base est la formation puis la réduction du complexe pour produire une intense coloration bleue (**Aminot et Kérouel, 2004**).

La réalisation de ce dosage nécessite l'élaboration d'une gamme étalon de phosphate, cette gamme nécessite la préparation de 4 concentrations de 0.1, 0.2, 0.5, 1.0,  $\mu\text{mol/l}$  en fioles jaugées à partir de la solution diluée de phosphore à 50  $\mu\text{mol/l}$ . Les étapes du dosage sont les suivantes :

Prélever 50 ml du filtrat des échantillons et de la gamme étalons et les transférer dans des récipients appropriés.

- Ajouter 2 ml du réactif R1, mélanger.
- Ajouter 2 ml du réactif R2.
- Mélanger puis laisser réagir 5 min.
- Mesurer l'absorbance à une longueur d'onde de 880 nm.
- Déterminer l'équation de la droite : absorbance = f (concentrations en  $\text{PO}_4^{+}$ ).
- A partir des résultats obtenus sur la gamme étalon du phosphate chacun des échantillons est alors déduit.

#### ❖ **Dosage des MES**

La détermination de la matière en suspension dans l'eau est réalisée par l'application de la méthode de pesée différentielle après filtration de l'échantillon (500ml d'eau de mer) à l'aide d'un filtre en microfibrilles de verre (WHATMAN GF/C 47  $\mu\text{m}$  de porosité). Le filtre a été pesé avant et après filtration ; la différence de poids permet de connaître le poids sec total de la matière en suspension dans le volume filtré correspondant (Aminot et Chaussepied, 1983).

## 2.4. Prélèvement et Collecte des échantillons de *P. oceanica*

De janvier 2021 jusqu'à décembre 2021, chaque saison et pour les six stations d'étude ; une trentaine de faisceaux orthotropes de *P. oceanica* ont été collectés par plongée individuelle (Fig. 9). Ces échantillons sont prélevés à la main et de façon aléatoire avec des différentes profondeurs comprises entre 0,2 et 5,2 mètres. Les échantillons ont été placés dans des sacs en plastique étiquetés puis conservés au congélateur jusqu'à l'utilisation pour la biométrie.



**Figure 10:** Prélèvement des échantillons de *P. oceanica* (photo : Habbeche, 2021)

**Tableau 2:** Plan d'échantillonnage

	Cap de garde	Ain Achir	La caroube	Lever de l'aurore	Draouche	Cap rosa
Hiver	22/01/2021	22/01/2021	22/01/2021	22/01/2021	22/01/2021	22/01/2021
Printemps	15/04/2021	15/04/2021	15/04/2021	15/04/2021	15/04/2021	15/04/2021
Eté	24/07/2021	24/07/2021	24/07/2021	24/07/2021	24/07/2021	24/07/2021
L'automne	23/10/2021	23/10/2021	23/10/2021	23/11/2021	23/11/2021	23/11/2021

#### 2.4.1 Etude phénologique

##### ❖ Détermination des paramètres phénologiques

La phénologie est l'étude des paramètres foliaires sujets aux phénomènes de périodicité. Elle se base sur la mesure d'une série de paramètres qui peuvent décrire de manière synthétique l'état de vitalité d'un herbier (**Pergent et al., 1995**). Les caractéristiques morphologiques et l'âge des feuilles d'un faisceau diffèrent selon la position de la feuille dans le faisceau. Au sein de chaque faisceau, les feuilles se forment au centre et sont d'autant plus âgées qu'elles sont situées vers la périphérie (**Giraud, 1977; Caye, 1989**). Ces dernières acquièrent un pétiole lorsque leur allongement est presque terminé (**Giraud, 1977**). Pour l'étude phénologique, seuls les faisceaux orthotropes sont pris en compte.

##### ❖ Analyse biométrique

Au laboratoire, le jour d'analyse, les échantillons de *P. oceanica* ont été décongelés et bien rincés avec de l'eau distillée pour débarrasser le sédiment. Chaque faisceau prélevé est décortiqué puis classées les feuilles en 3 catégories (**Fig. 10**) :

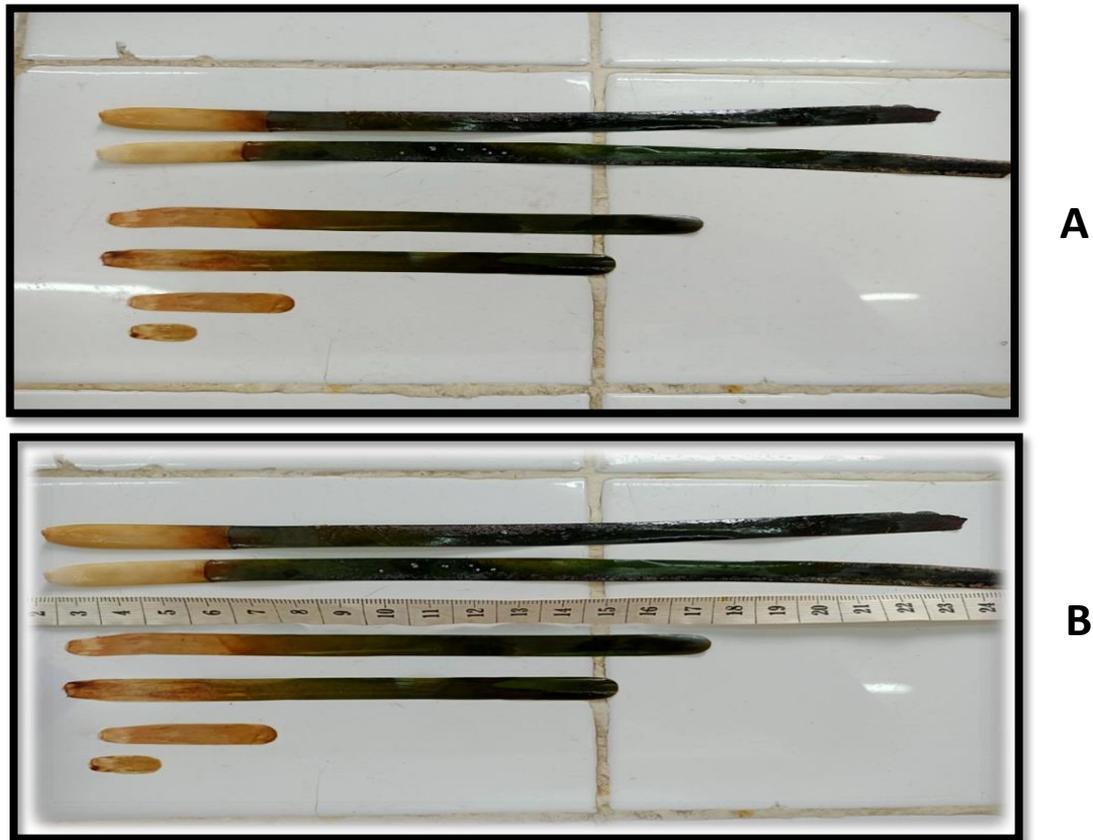
- Les feuilles juvéniles dont la longueur est inférieure à 5 cm.
- Les feuilles intermédiaires dont la longueur est supérieure à 5 cm, (absence d'un pétiole).
- Les feuilles adultes dont la longueur est supérieure à 5 cm et qui présente une ligule (marque visible entre le limbe et la gaine et présence d'un pétiole).



**Figure 11:** Dissection phénologique de *P. oceanica* (photo : habbeche, 2021).

❖ Pour chaque feuille on a mesure :

- Le nombre moyen de feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales (adultes intermédiaires) par faisceau (**Fig. 11**).
- La longueur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globale (adultes + intermédiaires) par faisceau (**Fig. 11**).
- La largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales (adultes + intermédiaires) par faisceau (**Fig. 11**).



**Figure 12:** Etapes de traitement des faisceaux de Posidonies pour l'étude de la phénologie. Décortication d'un faisceau de Posidonie (A) ; mesure d'une feuille de Posidonie (B) (photo : Habbeche, 2021).

- Le coefficient A qui correspond au pourcentage (%) de feuilles ayant perdu leur apex (**Giraud, 1979**). En effet l'extrémité des feuilles ou apex peut être entière ou brisée, ce qui correspond soit à une consommation par les herbivores (**Nedelec, 1982; Velimirov, 1984; Zupi, 1984**), ou à l'action de l'hydrodynamique favorisés par la présence d'épiphytes (**Eugene, 1978; Mazzella et al., 1981; Wittmann et al., 1981; Mazzella, 1992**). L'état des apex, paramètres purement descriptif apporte donc des indications pour un site donné sur le taux de brouillage et par conséquent l'importance des populations herbivores.

$$\text{Le coefficient A} = \frac{\text{nombre de feuilles cassé} \times 100}{\text{nombre totale des feuilles}}$$

- La surface foliaire exprimée en  $\text{cm}^2$  /faisceau (**Drew, 1971; Drew et al., 1976**), qui est calculée pour chaque catégorie de feuille de Posidonies à partir les formules suivantes :

**✚ Pour les feuilles adultes**

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

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

**✚ Pour les feuilles intermédiaires**

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

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

**✚ Pour les feuilles globales (adultes et intermédiaires)**

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

**SFG** = Surface Foliaire moyenne des feuilles Globales

#### 2.4.2 Identification des principales espèces d'épiphytes des feuilles de *P. oceanica*

Après l'étude phénologique des feuilles de *P. oceanica* de chaque station, nous avons récupéré les deux types de feuille adulte et intermédiaire pour l'examen des épiphytes. Ces derniers ont été observés à l'aide d'une loupe binoculaire de la marque (OPTIKA) (Fig. 12). Les épiphytes trouvés ont été photographiés pour les identifier, Puis à l'aide d'une règle en plastique, les feuilles sont bien grattées afin de séparer les épiphytes des feuilles. Les épiphytes dégagés sont rincée avec l'eau distillé ensuite les conserve en congélateur dans des boîtes de pétrie stérile pour le dosage des métaux lourds.



**Figure 13:** l'identification à l'aide d'une loupe binoculaire des principales espèces d'épiphytes des feuilles de *P. oceanica* (photo : Habbeche, 2021).



**Figure 14:** La conservation des épiphytes dans les boîte de pétri (photo : Habbeche, 2021).

#### ✓ *Indices écologiques*

Pour exploiter les résultats plusieurs indices écologiques de composition sont utilisés notamment la richesse spécifique (totale et moyenne), l'abondance relative et la fréquence relative.

#### **La Richesse spécifique (totale et moyenne)**

Selon **Ramade (1994)**, la **richesse totale (S)** est le nombre total des espèces recensées dans un peuplement considéré, c'est le nombre total d'espèces (S) trouvées au moins une fois au terme de R relevés.

#### **La richesse moyenne (Sm)**

C'est le nombre moyen d'espèces trouvées à chaque relevé. Ce paramètre exprime le nombre d'espèces les plus représentatives du milieu au sens de la fréquence de leur présence.

#### **L'abondance relative ou fréquence relative d'une espèce (fi)**

L'abondance relative des espèces est le nombre d'individus d'espèce par rapport au nombre total d'individus récoltés pour le but de connaître l'importance de chaque peuplement, exprimé en pourcentage (**Zaïme et al., 1989**).

$$Fi = ni / N \times 100\%$$

$n_i$  : nombre d'individus d'une espèce  $i$ .  
 $N$  : nombre total d'individus toutes espèces.

### La fréquence d'occurrence ou centésimale (F)

C'est le rapport entre le nombre de prélèvement où se trouve une espèce et le nombre totale des prélèvements effectués (Dajoz, 1975), (Dajoz, 1982).

$$F = \frac{r_i}{R} \times 100\%$$

$r_i$  : nombre de relevés dans lequel l'espèce  $i$  est présente.  
 $R$  : nombre total de relevés.

Selon Dajoz (1982), on distingue cinq catégories d'espèces. On considère qu'une espèce est accidentelle ou rare si  $F < 25\%$ , accessoire ou commune si  $25\% \leq F < 50\%$ , régulière si  $50\% \leq F < 75\%$ , constante si  $75\% \leq F < 100\%$  et omniprésente si  $F = 100\%$ .

### Indices écologiques de structure

Ils expriment le mode de distribution des espèces qui composent le peuplement.

### Diversité spécifique (l'indice de Shannon-Weaver) ( $H'$ )

Du point de vue écologique la diversité spécifique s'explique par la répartition inégale des individus entre les espèces.

Selon Ramade (1994) l'indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) permet de calculer la diversité spécifique, cet indice s'exprime en bits par individu.

$$H' = \sum_{i=0}^n \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{N}{n_i}$$

$N$  : Nombre total d'individus.

$n_i$  : Nombre d'individus de l'espèce  $i$ .

La diversité est maximale dans les peuplements où toutes les espèces ont le même nombre d'individus (Barbault, 2000). A l'inverse, un peuplement dont une espèce est majoritairement dominante affiche une valeur faible de son indice de diversité. Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible correspond soit à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'espèces pour un grand nombre d'individu, soit à un peuplement dans lequel il y a une espèce dominante.

## L'Équitabilité (E)

C'est le rapport de la diversité spécifique à la diversité maximale (**Ponel, 1983**), calculée par la formule suivante :

$$E = H' / \log_2 S$$

E: Équitabilité

H' : Indice de Shannon-Weaver

S : Richesse spécifique

L'équitabilité varie de 0 à 1, elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce ; elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance (**Barbault, 1981; Benyacoub, 1993**)

### *Phénogramme des espèces étudiées*

Une bonne connaissance de la biologie et de la phénologie des espèces d'épiphytes est nécessaire pour estimer l'existence de ces espèces dans le golfe d'Annaba, les périodes de présence des espèces, etc...La phénologie est l'étude des événements saisonniers. Dans cette étude nous avons établis le phénogramme de la répartition annuelle de différentes espèces d'épiphytes récoltées dans le golfe d'Annaba.

## 2.5. Préparation des divers compartiments pour les dosages des ETM

Avant leur dosage, les ETM sont préalablement minéralisés par voie humide.

### ✚ Minéralisation de l'eau de mer

Introduire 100 ml de l'échantillon homogénéisé dans un bécher de 250 ml. Ajouter 1 ml d'acide Nitrique (65%) et 1 ml de peroxyde d'hydrogène (32%). Chauffer le bécher sur une plaque chauffante afin de concentrer le mélange, jusqu'à environ 0,5 ml. Il est essentiel que l'échantillon ne soit pas réduit à sec. Le résidu est dissout dans 1 ml d'acide Nitrique (65%) et un peu d'eau ultra pure. L'ensemble est transféré dans une fiole jaugée de 100 ml puis complété (au volume) avec de l'eau distillée (**Boutabia, 2016**).

### ✚ Minéralisation des feuilles adultes et des épiphytes de *P. oceanica*

La minéralisation, ou digestion, est une étape qui permet de libérer les différents métaux adsorbés à la surface de l'analyte et/ou piégés par la matière organique en dégradant complètement cette même matière organique, par extraction et mise en solution. Pour obtenir une attaque efficace de l'échantillon à analyser et un rendement en métaux récupérés maximal, la minéralisation par voie humide est réalisée en utilisant des acides forts concentrés, à chaud et sous pression (**Hoenig et al.,**

**1981; Pinta, 1979).** Après l'étude phénologiqueles échantillons de *P. oceanica* (**Giraud, 1979**). Les feuilles adultes sont débarrassées de leurs épiphytes puis les rincées avec l'eau distillée. Les échantillons, sont ensuite séchés à 105°C jusqu'à poids constant, puis broyés à l'aide d'un mortier et minéralisés par voie humide. Pour 1g de la poudre de plante on additionne de l'acide nitrique et de l'eau oxygénée ( $\text{HNO}_3$  et  $\text{H}_2\text{O}_2$  à raison de 5/2 ml) puis on chauffe à 100°C jusqu'à l'obtention d'une solution limpide. Cette solution est ensuite filtrée (à l'aide de filtres en papier Wattman N° 41) et le filtrat obtenu est transvasé dans des flacons volumétriques puis est complété à 25 ml avec du  $\text{HNO}_3$  à 2%. Le produit ainsi obtenu est conservé dans des flacons en verre hermétiquement fermés jusqu'à son analyse (**Boutabia, 2016**) (**Fig.15**).



**Figure 15:** Les différents étapes de minéralisation *P.oceanica* (photo: Habbeche, 2021).

### 2.5.1 Dosage des ETM par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

Nous avons effectué l'analyse des métaux traces (zinc, cuivre, nickel, chrome et cadmium) dans l'eau de mer, les feuilles adultes et les épiphytes de *P. oceanica*, cette analyse réalisé dans les six stations du golfe d'Annaba (S1, S2, S3, S4, S5, S6) pour les 4 saisons. Dans le cadre de cette étude, nous avons opté pour la SAA avec flamme de pour sa fiabilité, sa sensibilité ainsi que sa manipulation facile.

La Spectrophotométrie d'absorption atomique est sans conteste la méthode la plus couramment usitée dans les sciences de l'environnement lorsqu'il s'agit de doser des éléments en trace ( **Hoenig et al., 1981; Asso, 1982**).

Au cours des analyses de spectrophotométrie d'Absorption atomique, une solution contenant des éléments métalliques est introduite dans le brûleur de l'appareil, celle-ci est convertie dans une flamme air-acétylène ou un atomiseur électrothermique sous forme de vapeur constituée d'atomes libres. Une source lumineuse émise d'une lampe à cathode creuse, faite du métal à analyser, est dirigée à travers la vapeur ; les atomes de l'échantillon dispersé dans la vapeur absorbent une partie de la radiation, ce qui entraînera une diminution de cette dernière (**Champ et al., 1977**). Cette absorption se fait à une longueur d'onde spécifique aux atomes formés (métal considéré), elle est liée à la concentration de l'élément considéré. Les dosages sont réalisés au niveau laboratoire d'analyses industrielles et génie des matériaux de l'université 8 mai 1945 Guelma, modèle Perkin Elmer AAnalyst 400, a été utilisé ; ce dernier est muni d'un calculateur intégré pour le traitement des résultats et d'une imprimante où sont enregistrées l'absorbance et la concentration respective (**Fig. 16**). Lors du dosage des éléments métalliques en trace, un contrôle permanent des différentes étapes est nécessaire pour pallier les risques de contamination qui peuvent survenir aussi bien au moment de l'échantillonnage que lors du traitement et de l'analyse proprement dite au laboratoire. Les conditions optimales de propreté des instruments et de la verrerie doivent être réunies afin d'éviter les risques de contamination. Pour ce faire, la verrerie et les instruments utilisés sont conditionnés avant chaque utilisation (**Amarouche, 2005**).



**Figure 16:** Dosage des ETM par la SAA à flamme (photo : Habbeche, 2021).

### **Analyse statistique**

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une étude statistique descriptive (détermination de la moyenne et de l'écart-type) et d'une Analyse Factorielle Correspondante (AFC) sur le logiciel XLStat 2009 (NewYork). Une analyse par modèle linéaire général (GLM) a été réalisée sur ces données à l'aide du logiciel SPSS-Version 22.

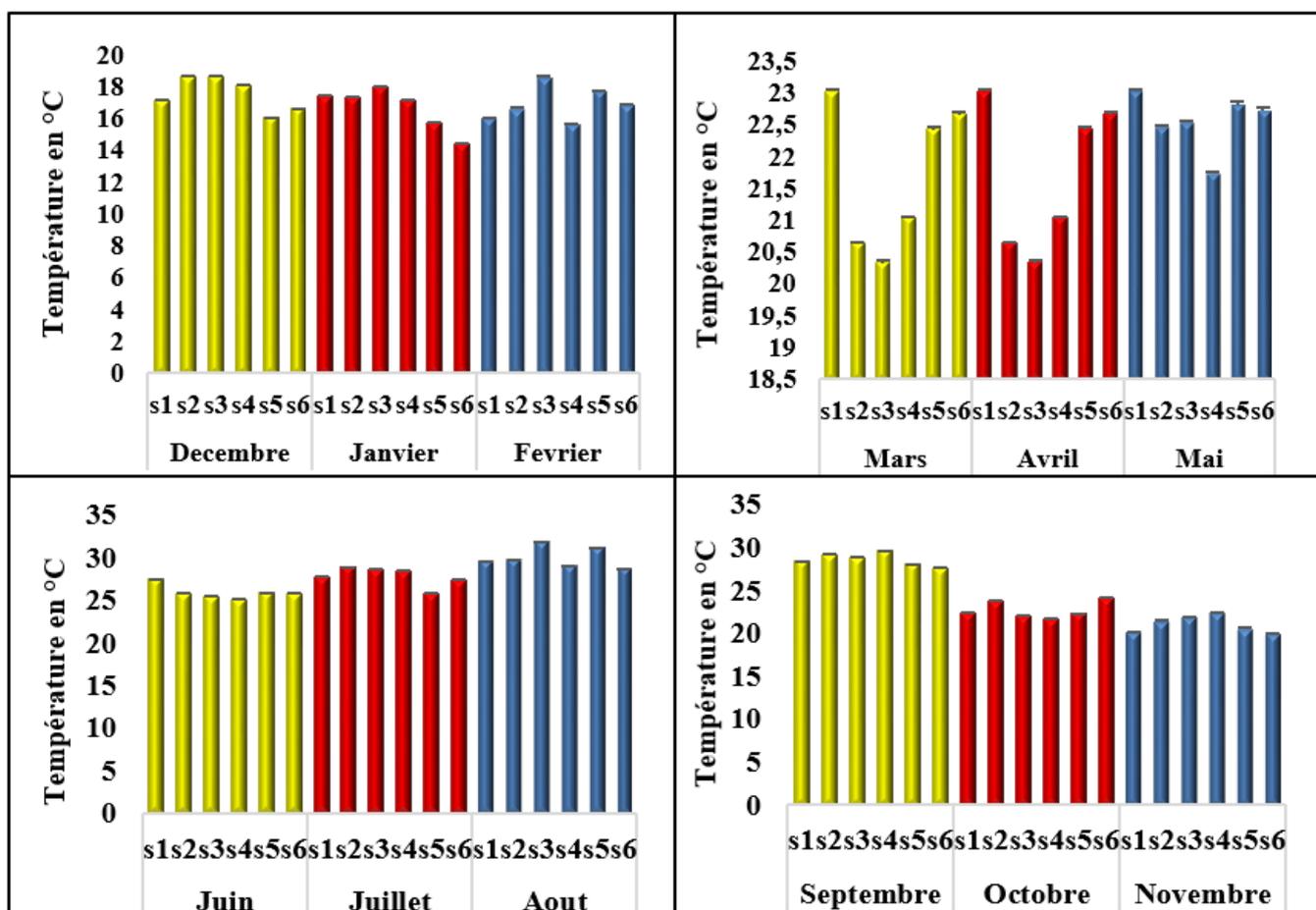
# Résultats

### 3. Résultats

#### 1. Paramètres physico-chimiques de l'eau de mer

##### 1.1. Température

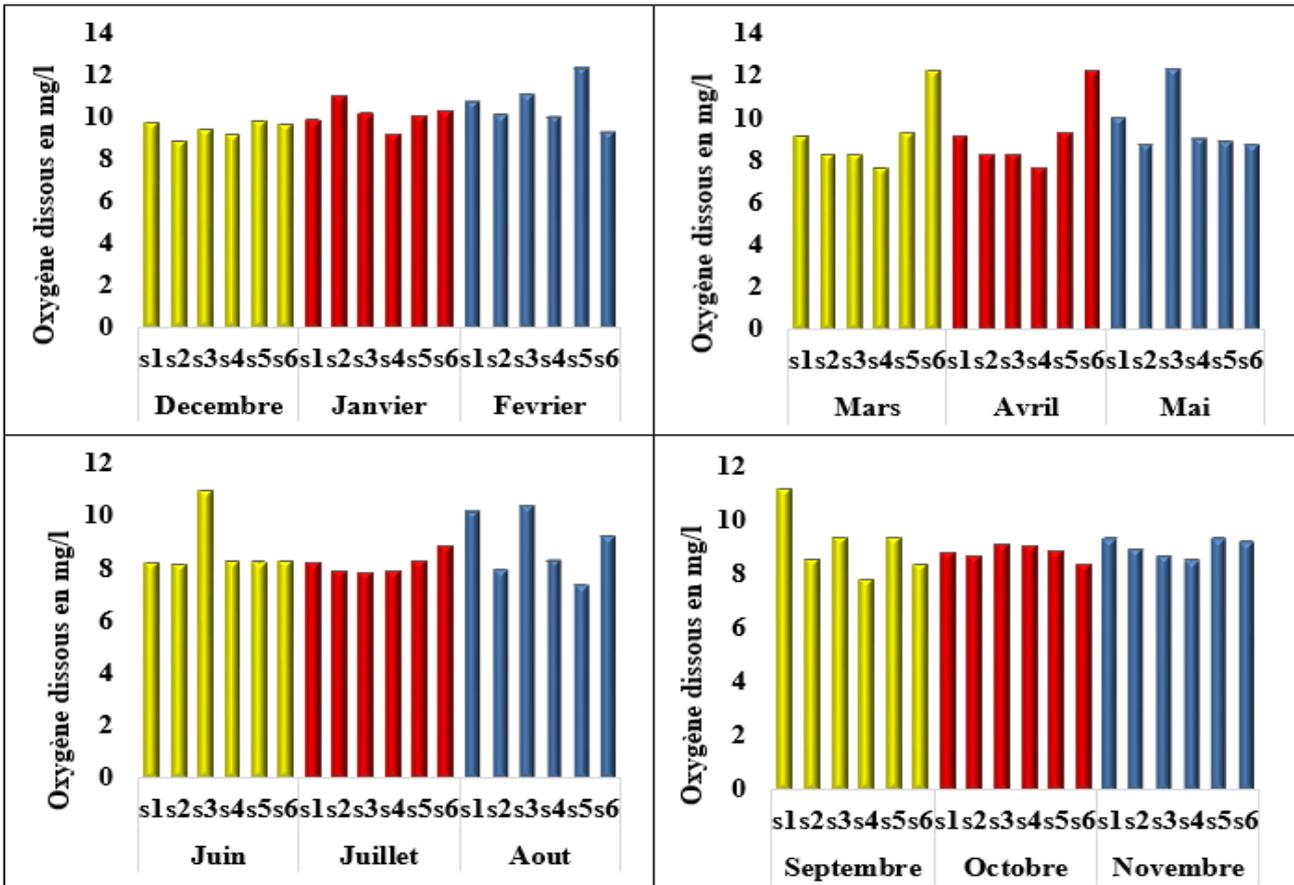
Les relevés mensuels de la température des eaux des six stations d'échantillonnage réalisés sur un cycle annuel (**Fig. 17**) montrent des variations de la température relative aux différentes saisons. Les plus hautes températures sont enregistrées pendant la saison estivale, le maximum est obtenu dans la station (S3)  $31,83^{\circ}\text{C} \pm 0,033$ , à l'inverse des plus basses températures marquées pendant la saison hivernale dans la station (S6)  $14,43^{\circ}\text{C} \pm 0,033$ .



**Figure 17:** Variation mensuelle de la température des eaux du golfe d'Annaba.

## 1.2 Oxygène dissous

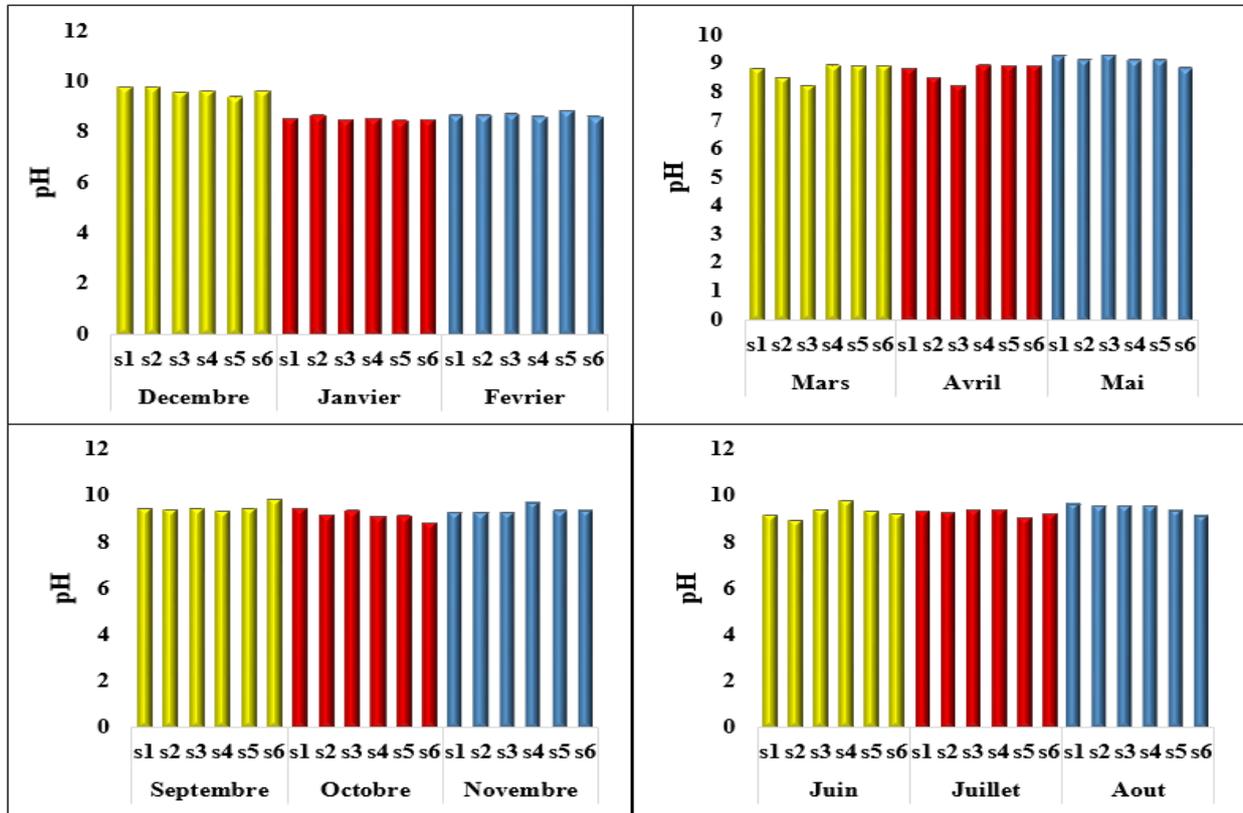
Les valeurs de l'oxygène dissous dans l'eau des six stations d'échantillonnage mesurées ponctuellement (**Fig. 18**) sont comprises entre  $7,36\text{mg/l} \pm 0,003$  et  $12,32\text{mg/l} \pm 0,003$ . D'ailleurs, les valeurs les plus élevées sont enregistrées en hiver (S5) $12,33\text{mg/l} \pm 0,003$  alors que les moins élevées sont enregistrées dans la période estivale (S5) $7,37\text{mg/l} \pm 0,003$ .



**Figure 18:** Variations mensuelle des teneurs en oxygène dissous des eaux du golfe d'Annaba.

### 1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

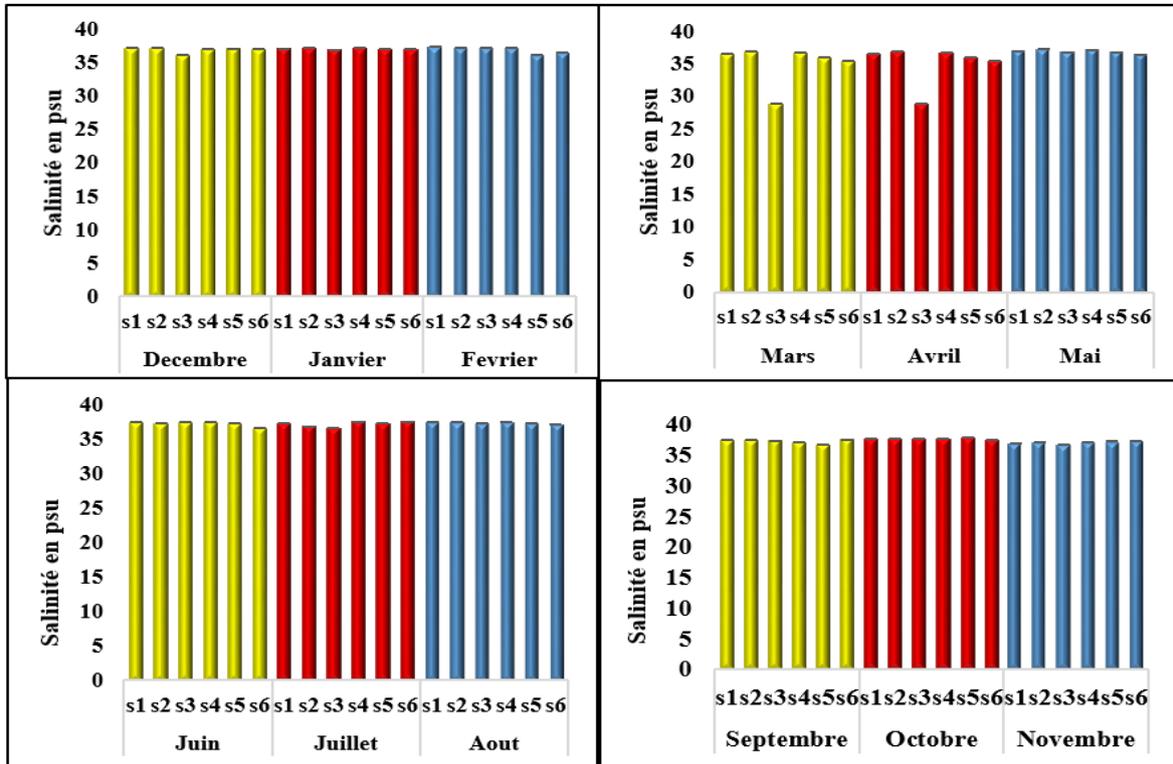
Les eaux du golfe sont alcalines (**Fig. 19**), le pH oscille entre  $8,23 \pm 0,003$  dans la station (S3) dans la saison printanière et  $9,76 \pm 0,003$  dans les deux stations (S1, S2) en période hivernale. Les valeurs du Ph ne montrent pas de grandes variations saisonnières.



**Figure 19** : Variations mensuelle du pH des eaux du golfe d'Annaba.

### 1.4. Salinité

Les mesures ponctuelles de salinité, réalisées dans les six stations, montrent que les variations mensuelles enregistrées sont plus au moins faibles. Les teneurs de la salinité les plus élevées sont enregistrées en automne dans la station (S5)  $37,9 \pm 0,003$ , Et les valeurs les moins élevés sont enregistrées dans la station (S3)  $28,83 \pm 0,003$  en printemps (**Fig. 20**).



**Figure 20** : Variations mensuelle de la salinité des eaux du golfe d'Annaba.

### 1.5 Matières en suspension (MES)

La variation mensuelle du MES des eaux des stations d'échantillonnage est représentée dans la figure 21. Nous avons remarqué que les MES varie énormément en fonction des saisons et des stations, les résultats obtenus ont indiqué que les valeurs les plus élevées ont été retrouvées en hiver dans la station (S3) 39,03mg/l  $\pm$ 0,003 et les valeurs les moins élevées sont retrouvées en automne dans la station (S5) 0 mg/l  $\pm$  0 et en printemps dans la station (S5) 0 mg/l  $\pm$  0.

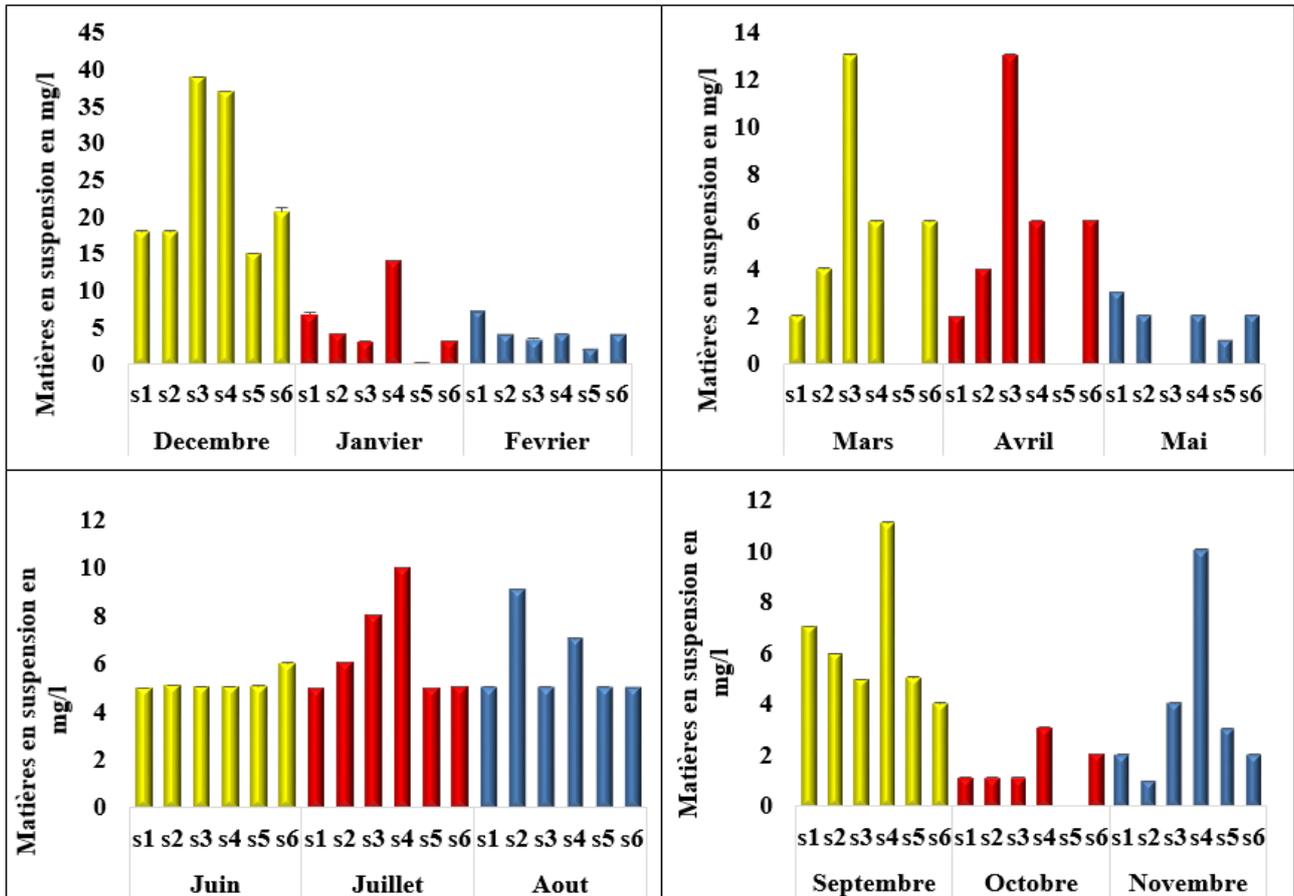


Figure 21 : Variations mensuelle de MES des eaux du golfe d'Annaba.

## 2. Paramètre dosé au laboratoire

### 2.1 Teneurs en ammonium

La variation de l'ammonium dans les six stations d'échantillonnage est représentée au niveau de la figure 22, les valeurs sont entre  $0,683 \pm 0 \mu\text{mol/l}$  et  $1,97 \pm 0,03 \mu\text{mol/l}$ , Les teneurs maximales en  $\text{NH}_4^+$  sont proche de  $2 \mu\text{mol/l}$  en période hivernale dans la station (S3), alors que dans le reste des stations ne dépassent pas  $1,6 \mu\text{mol/l}$ .

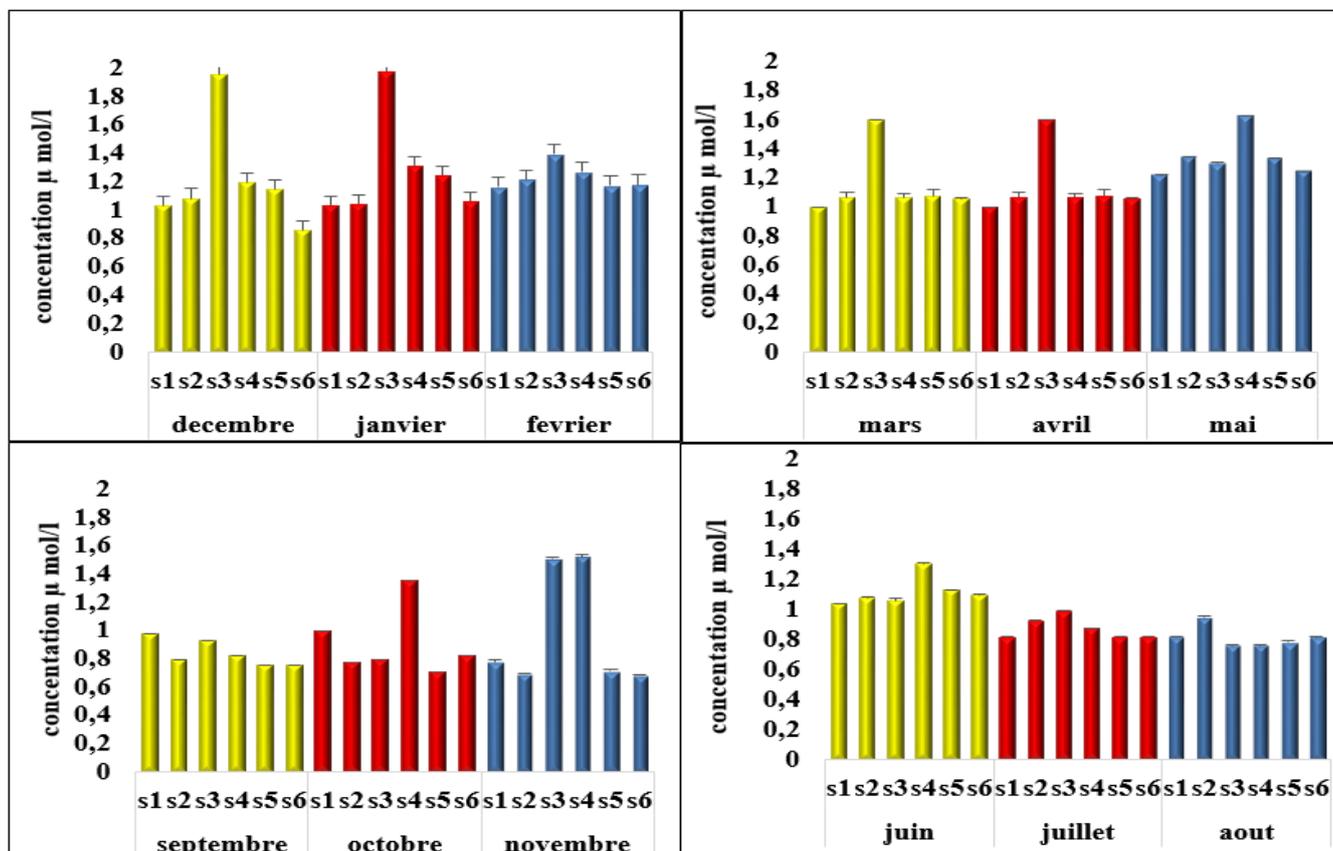
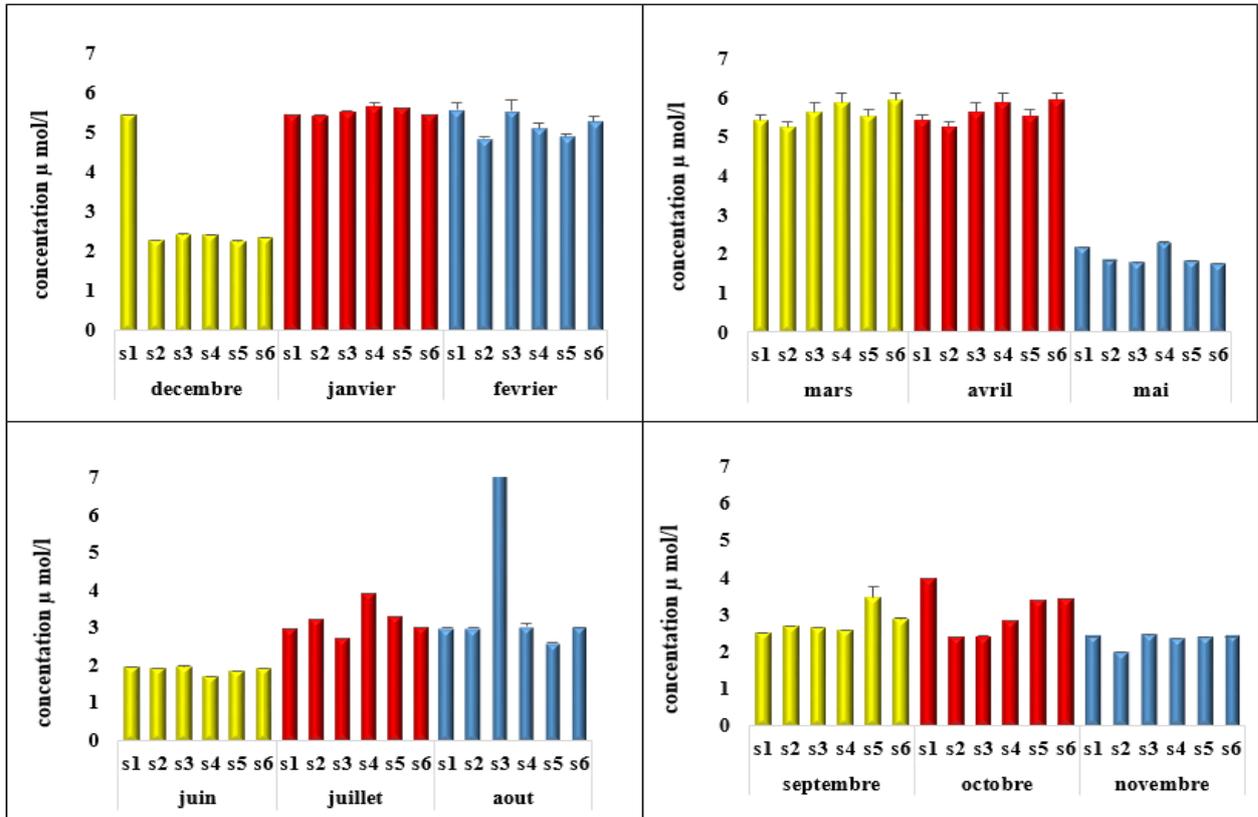


Figure 22: Variations mensuelles des teneurs en ammonium des eaux du golfe d'Annaba.

## 2.2 Teneurs en nitrate

La variation de la concentration des nitrates des eaux du golfe pour les six stations d'échantillonnage est représentée dans la figure 23. Nos résultats montrent que le maximum de ce paramètre est marqué dans la saison d'hiver et printemps sauf dans la station (S3) 9,46  $\mu\text{mol/l} \pm 0,08$  dans la saison d'été, alors que le minimum de ce paramètre est observé dans la saison d'été et d'automne exactement dans la station (S4) 1,7  $\mu\text{mol/l} \pm 0,008$ .



**Figure 23:** Variations mensuelles des teneurs en nitrates des eaux du golfe d'Annaba.

### 2.3 Teneurs en nitrite

La variation des concentrations des nitrites dans le golfe d'Annaba est représentée dans la figure 24. Nous avons remarqué que la concentration des nitrites a été plus élevée au début de printemps (le mois de mars) dans la station (S3)  $1,49 \mu\text{mol/l} \pm 0,005$  par rapport aux autres saisons, Par contre les valeurs les moins élevées sont enregistrées au niveau de la station (S2) dans la saison d'été avec une valeur  $0,6 \mu\text{mol/l} \pm 0,005$ .

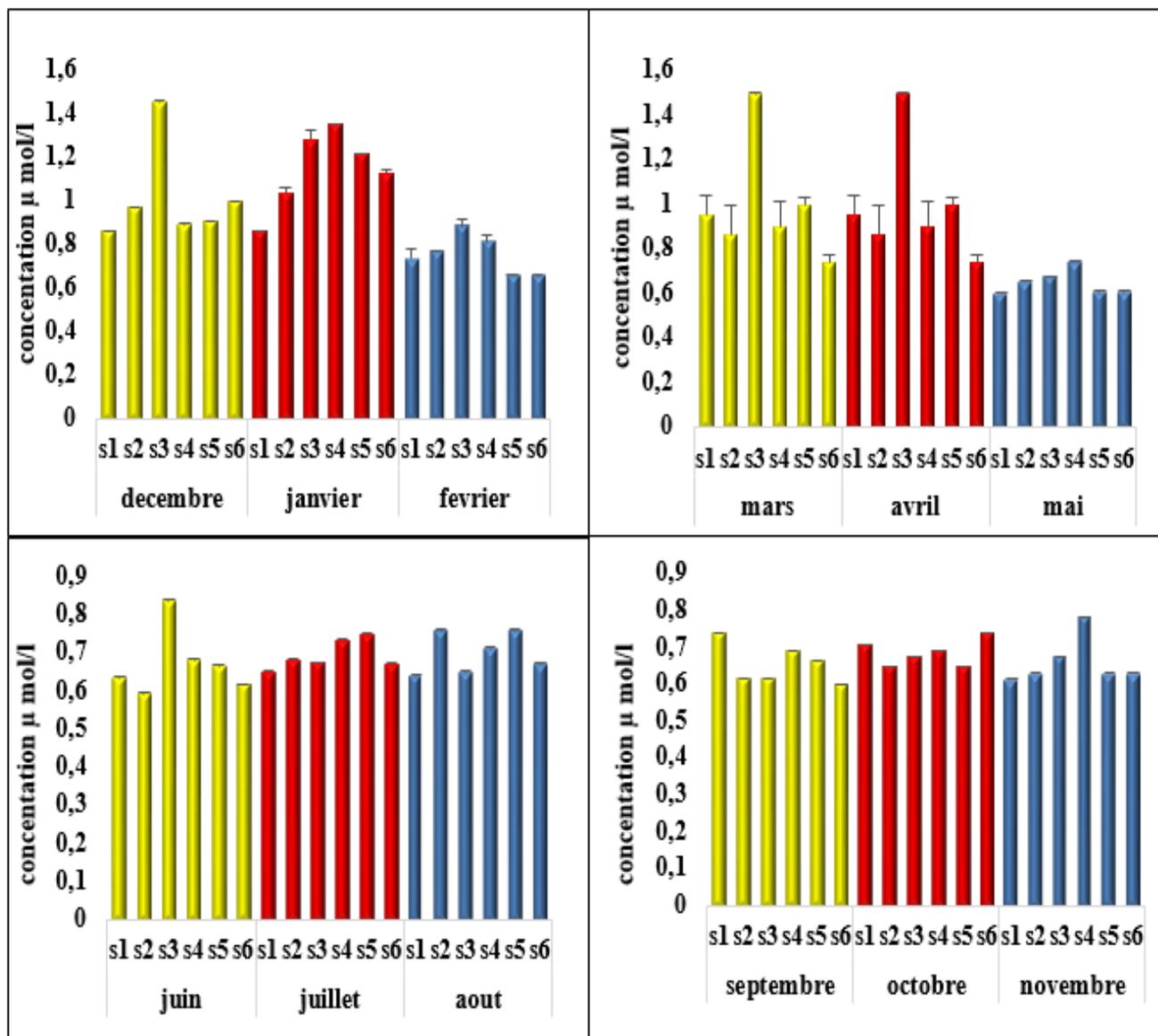
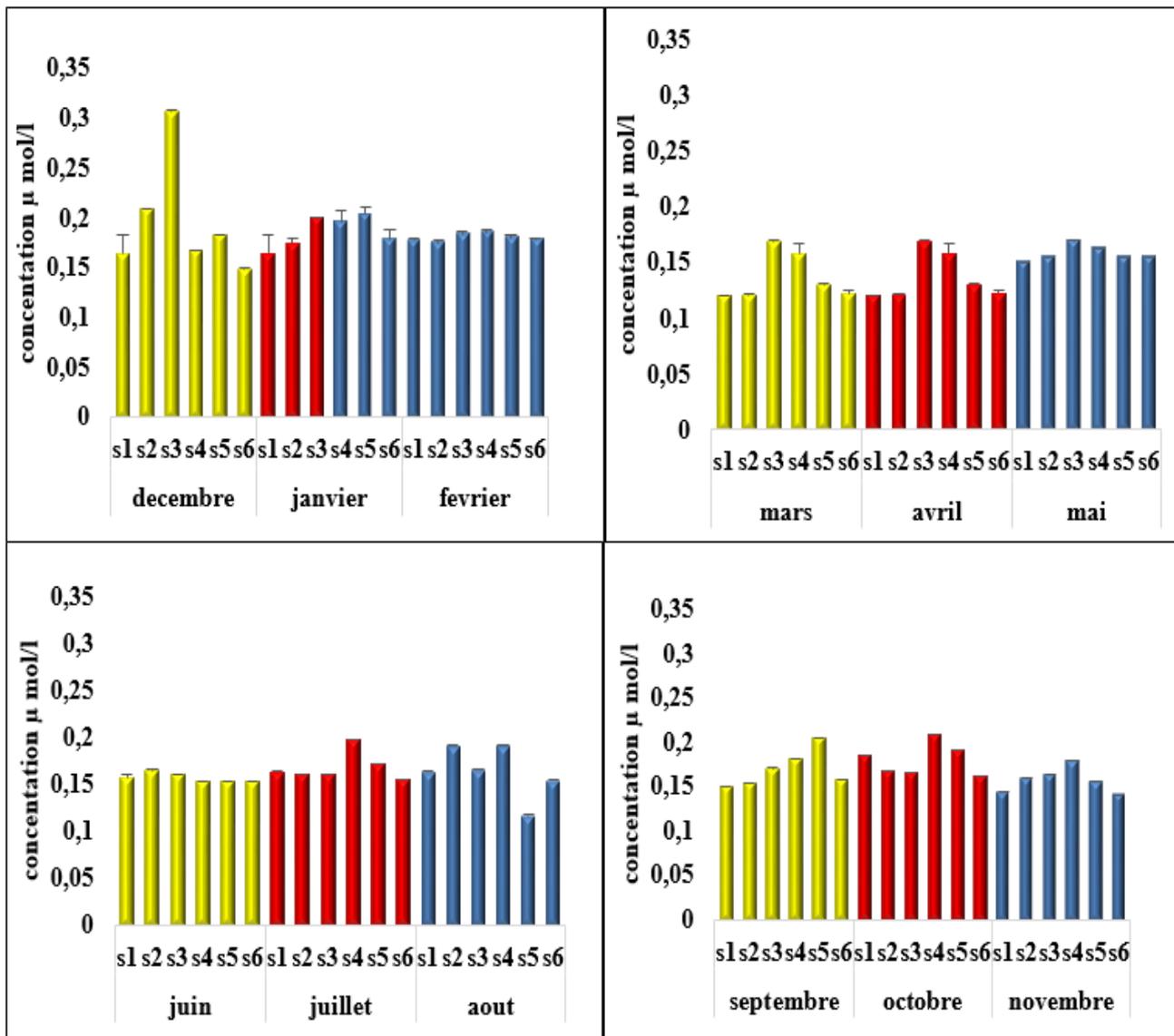


Figure 24: Variations mensuelles des teneurs en nitrites des eaux du golfe d'Annaba.

## 2.4 Teneurs en orthophosphates

La concentration des orthophosphates au niveau des stations d'échantillonnage varie entre  $0,116 \mu\text{mol/l} \pm 0,0006$  et  $0,307 \mu\text{mol/l} \pm 0,0006$ . Le maximum est enregistré dans la station (S3) dans la saison d'hiver et le minimum est enregistré dans la station (S5) dans la saison d'été (Fig. 25).



**Figure 25:** Variations mensuelles des teneurs en orthophosphates des eaux du golfe d'Annaba.

## Paramètres physico-chimiques

### 1 / Effet globale de (saison, station) sur le taux global des paramètres physico-chimiques :

#### Tests multivariés

Lorsque nous avons étudié l'effet station sur le taux global des paramètres physico-chimiques nous avons enregistré que le taux de ces paramètres est significativement différent entre les six stations prospectées. L'analyse statistique par la trace de Pillai ( $F=6,12$ ,  $P= 1,05.10^{-29}$ ), Lambda de Wilks ( $F = 7,15$ ,  $P= 1,93.10^{-35}$ ), Trace de Hotelling ( $F =8,08$ ,  $P=7,61 .10^{-42}$ ) et Plus grande racine de Roy ( $F =23,09$ ,  $P= 3,28.10^{-26}$ ) montre des différences très hautement significatives (**Tab. 3**).

Les mêmes résultats ont été observés pour l'effet saison, nous avons enregistré des différences très hautement significatives pour les quatre testes utilisés [Trace de Pillai ( $F =36,28$ ,  $P=1,6 .10^{-104}$ ), Lambda de Wilks ( $F = 45,29$ ,  $P=6,03 .10^{-120}$ ), Trace de Hotelling ( $F =54,74$ ,  $P=1,17 .10^{-136}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F =113,81$ ,  $P=9,20.10^{-71}$ )] ; les saisons agissent significativement sur les taux globaux des paramètres physico-chimiques dans les différentes stations prospectées (**Tab. 3**).

L'interaction (saison \* station) indique aussi des effets très hautement significatifs de ces paramètres sur le taux global des paramètres physico-chimiques [la trace de Pillai montre des différences très hautement significatives ( $F =2,69$ ,  $P = 4,38 .10^{-20}$ ) aussi Lambda de Wilks ( $F =2,95$ ,  $P=1,48 .10^{-23}$ ), Trace de Hotelling ( $F =3,17$ ,  $P=1,79 .10^{-27}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F =10,84$ ,  $P=9,42 .10^{-19}$ )] (**Tab. 3**).

**Tableau 3:** Effet globale de (saison \* station) sur le taux globale des paramètres physicochimiques.

Effet		Valeur	F	ddl de l'hypothèse	Erreur ddl	Signification
<b>Stations</b>	Trace de Pillai	1,134	6,13	45,000	940,000	<i>1,05E-29***</i>
	Lambda de Wilks	0,230	7,15	45,000	826,180	<i>1,93E-35***</i>
	Trace de Hotelling	1,994	8,08	45,000	912,000	<i>7,61E-42***</i>
	Plus grande racine de Roy	1,105	23,092 <sup>c</sup>	9,000	188,000	<i>3,28E-26***</i>
<b>Saison</b>	Trace de Pillai	1,911	36,29	27,000	558,000	<i>1,60E-104***</i>
	Lambda de Wilks	0,031	45,29	27,000	538,017	<i>6,03E-120***</i>
	Trace de Hotelling	8,092	54,74	27,000	548,000	<i>1,17E-136***</i>
	Plus grande racine de Roy	5,507	113,816 <sup>c</sup>	9,000	186,000	<i>9,20E-71***</i>
<b>Stations * Saison</b>	Trace de Pillai	1,568	2,70	135,000	1728,000	<i>4,38E-20***</i>
	Lambda de Wilks	0,150	2,96	135,000	1446,791	<i>1,48E-23***</i>
	Trace de Hotelling	2,354	3,18	135,000	1640,000	<i>1,79E-27***</i>
	Plus grande racine de Roy	0,847	10,841 <sup>c</sup>	15,000	192,000	<i>9,42E-19***</i>

## **2/ Effet de saison, station sur chaque paramètre physico-chimique**

### **Tests des effets intersujets**

La station agit significativement sur le taux des différents paramètres physico-chimiques dans les différentes stations : En effet, il existe des différences significatives le taux du O<sub>2</sub> (F = 8,97, P = 1,12.10<sup>-7</sup>), du T (F = 0,50, P = 7,73.10<sup>-01</sup>), du pH (F = 2,53, P = 2,99.10<sup>-02</sup>), du salinité (F = 8,17, P = 5,13.10<sup>-07</sup>) MES (F = 4,59, P = 5,51.10<sup>-04</sup>), Nitrite (F = 7,08, P = 4,24.10<sup>-06</sup>), Nitrate (F = 1,33, P = 2,51.10<sup>-01</sup>), Ammonium (F = 26,68, P = 1,93.10<sup>-20</sup>) et ortho phosphate (F = 8,93, P = 1,2.10<sup>-07</sup>) (**Tab. 4**).

La saison agit aussi significativement sur le taux des différents paramètres physico-chimiques : sur O<sub>2</sub> (F = 17,13, P = 6,69.10<sup>-10</sup>), du T (F = 238,68, P = 1,63.10<sup>-64</sup>), du pH (F = 118,48, P = 1,85.10<sup>-43</sup>), du salinité (F = 9, P = 1,32.10<sup>-05</sup>) MES (F = 9,12, P = 1,13.10<sup>-05</sup>), Nitrite (F = 21,59, P = 4,28.10<sup>-12</sup>), Nitrate (F = 52,07, P = 1,13.10<sup>-24</sup>), Ammonium (F = 57,97, P = 9,95.10<sup>-27</sup>), et ortho phosphate (F = 11,19, P = 8,34.10<sup>-07</sup>) (**Tab. 4**).

L'interaction (station\*saison) agit significativement sur le taux des différents paramètres physico-chimiques : elle agit significativement sur le taux d'O<sub>2</sub> (F = 2,75, P = 7,29 .10<sup>-04</sup>), du T (F = 0,84, P = 6,29.10<sup>-01</sup>), sur le pH (F = 1,44, P = 1,31.10<sup>-01</sup>), sur la salinité (F = 1,74, P = 4,57.10<sup>-02</sup>), sur MES (F = 0,86, P = 6,07.10<sup>-01</sup>), sur le Nitrite (F = 1,44, P = 1,3.10<sup>-01</sup>), sur Nitrate (F = 1,62, P = 6,92.10<sup>-02</sup>), Ammonium (F = 5,73, P = 1,1.10<sup>-09</sup>), et ortho phosphate (F = 1,25, P = 2,38.10<sup>-01</sup>) (**Tab. 4**).

**Tableau 4:** Effet de saison, station et compartiments sur chaque paramètre physico-chimique

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Stations	O2	38,883	5	7,777	8,97	<i>1,12E-07***</i>
	T	11,617	5	2,323	0,50	<i>7,73E-01***</i>
	pH	0,737	5	0,147	2,54	<i>2,99E-02***</i>
	salinité	62,500	5	12,500	8,17	<i>5,13E-07***</i>
	MES	922,566	5	184,513	4,60	<i>5,51E-04***</i>
	Nitrite	1,198	5	0,240	7,08	<i>4,24E-06***</i>
	Nitrate	10,058	5	2,012	1,34	<i>2,51E-01***</i>
	Ammonium	3,814	5	0,763	26,69	<i>1,93E-20***</i>
	Orthophosphate	0,027	5	0,005	8,93	<i>1,20E-07***</i>
Saison	O2	44,561	3	14,854	17,13	<i>6,69E-10***</i>
	T	3296,594	3	1098,865	238,68	<i>1,63E-64***</i>
	pH	20,663	3	6,888	118,49	<i>1,85E-43***</i>
	salinité	41,293	3	13,764	9,00	<i>1,32E-05***</i>
	MES	1098,472	3	366,157	9,12	<i>1,13E-05***</i>
	Nitrite	2,191	3	0,730	21,59	<i>4,28E-12***</i>
	Nitrate	235,225	3	78,408	52,08	<i>1,13E-24***</i>
	Ammonium	4,970	3	1,657	57,97	<i>9,95E-27***</i>
	Orthophosphate	0,020	3	0,007	11,20	<i>8,34E-07***</i>
Stations * Saison	O2	35,785	15	2,386	2,75	<i>7,29E-04***</i>
	T	58,220	15	3,881	0,84	<i>6,29E-01***</i>
	pH	1,257	15	0,084	1,44	<i>1,31E-01***</i>
	salinité	39,986	15	2,666	1,74	<i>4,57E-02***</i>
	MES	519,424	15	34,628	0,86	<i>6,07E-01***</i>
	Nitrite	0,733	15	0,049	1,44	<i>1,30E-01***</i>
	Nitrate	36,792	15	2,453	1,63	<i>6,92E-02***</i>
	Ammonium	2,459	15	0,164	5,74	<i>1,10E-09***</i>
	Orthophosphate	0,011	15	0,001	1,25	<i>2,38E-01***</i>

### 3 / comparaison stations

#### Différence significative de Tukey

Le taux d'oxygène dissous est significativement différent entre les différentes stations exceptée la station S1 et S3 ou il est similaire (P=0,99), dans la station S1 et S5 (P=0,79), dans la station S1 et S6 (P=0,99), dans la station S2 et S4 (P=0,89), dans la station S2 et S5 (P=0,21), dans la station S3 et S5 (P=0,47), dans la station S3 et S6 (P=0,99), dans la station S4 et S5 (P=0,01), et dans la station S5 et S6 (P=0,77). **(Tab. 5).**

La température, le pH et le nitrate sont similaires dans toutes les stations **(Tab. 6), (Tab. 7), (Tab. 11)**. Le taux de la salinité est significativement différent dans la station S3 comparé à ceux des autres stations qui sont tous similaires **(Tab. 8)**. Aussi pour les MES sont similaires dans toutes les stations à part dans les stations S4 et S5. **(Tab. 9)**.

Le taux des nitrites est significativement différent entre les différentes stations exceptées le taux des nitrites entre quelques stations : dans la station S1 et S2 qui est similaire (P=0,99), S1 et S4 (P=0,46), S1 et S5(P=0,9), S1 et S6(P=0,99), S2 et S4(P=0,62), S2 et S5 (P=0,96), S2 et S6 (P=0,99), S3 et S4 (P=0,04), S4 et S5 (P=0,97), S4 et S6 (P=0,27), S6 et S6 (P=0,74) **(Tab. 10)**.

Pour le taux d'ammonium est significativement différent entre les différentes stations exceptées dans les stations : S1et S2 (P=0,99) : S1et S5 (P=0,99), S1 et S6 (P=0,94), S2 et S5 (P=0,99), S2 et S6 (P=0,80), S5 et S6 (P=0,89) **(Tab. 12)**.

Pour le taux des ortho phosphates est significativement différent entre les différentes stations exceptées dans les stations : S1 et S2 (P=0,75), S1 et S5 (P=0,57), S1 et S6 (P=0,99), S2 et S4(P=0,08), S2 et S5(P=0,99), S2 et S6 (P=0,45), S3 et S4 (P= 0,97), S3 et S5 (P=0,02), S4 et S5 (P= 0,16), S5 et S6 (P=0,29) **(Tab. 13)**.

**Tableau 5 : comparaison stationnelle du taux d'oxygène dissous**

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
O2	S1	S2	0,7758*	0,21946	<b>0,007**</b>	0,1441	1,4076
		S3	-0,1106	0,21946	<b>I</b>	-0,7423	0,5212
		S4	1,0083*	0,21946	<b>0,0001***</b>	0,3766	1,6401
		S5	0,2806	0,21946	<b>0,80</b>	-0,3512	0,9123
		S6	-0,0106	0,21946	<b>I</b>	-0,6423	0,6212
	S2	S1	-0,7758*	0,21946	<b>0,007**</b>	-1,4076	-0,1441
		S3	-0,8864*	0,21946	<b>0,001**</b>	-1,5181	-0,2546
		S4	0,2325	0,21946	<b>0,9</b>	-0,3993	0,8643
		S5	-0,4953	0,21946	<b>0,21</b>	-1,1270	0,1365
		S6	-0,7864*	0,21946	<b>0,005**</b>	-1,4181	-0,1546
	S3	S1	0,1106	0,21946	<b>I</b>	-0,5212	0,7423
		S2	0,8864*	0,21946	<b>0,001**</b>	0,2546	1,5181
		S4	1,1189*	0,21946	<b>1,2E-05***</b>	0,4871	1,7506
		S5	0,3911	0,21946	<b>0,48</b>	-0,2406	1,0229
		S6	0,1000	0,21946	<b>I</b>	-0,5318	0,7318
	S4	S1	-1,0083*	0,21946	<b>0,0001***</b>	-1,6401	-0,3766
		S2	-0,2325	0,21946	<b>0,90</b>	-0,8643	0,3993
		S3	-1,1189*	0,21946	<b>1,2E-05***</b>	-1,7506	-0,4871
		S5	-0,7278*	0,21946	<b>0,01*</b>	-1,3595	-0,0960
		S6	-1,0189*	0,21946	<b>9,22E-05***</b>	-1,6506	-0,3871
	S5	S1	-0,2806	0,21946	<b>0,79</b>	-0,9123	0,3512
		S2	0,4953	0,21946	<b>0,21</b>	-0,1365	1,1270
		S3	-0,3911	0,21946	<b>0,48</b>	-1,0229	0,2406
		S4	0,7278*	0,21946	<b>0,01*</b>	0,0960	1,3595
S6		-0,2911	0,21946	<b>0,77</b>	-0,9229	0,3406	
S6	S1	0,0106	0,21946	<b>I</b>	-0,6212	0,6423	
	S2	0,7864*	,21946	<b>0,005**</b>	0,1546	1,4181	
	S3	-0,1000	,21946	<b>I</b>	-0,7318	0,5318	
	S4	1,0189*	,21946	<b>9,22E-05***</b>	0,3871	1,6506	
	S5	0,2911	,21946	<b>0,77</b>	-0,3406	0,9229	

**Tableau 6:** comparaison stationnelle du taux de température

Variable dépendante		Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %		
					Borne inférieure	Borne supérieure	
<b>T°</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	0,0083	0,50574	<i>I</i>	-1,4475	1,4642
		<b>S3</b>	-0,1444	0,50574	<i>I</i>	-1,6003	1,3114
		<b>S4</b>	0,3583	0,50574	<i>I</i>	-1,0975	1,8142
		<b>S5</b>	0,3583	0,50574	<i>I</i>	-1,0975	1,8142
		<b>S6</b>	0,4833	0,50574	<b>0,93</b>	-0,9725	1,9392
	<b>S2</b>	<b>S1</b>	-0,0083	0,50574	<i>I</i>	-1,4642	1,4475
		<b>S3</b>	-0,1528	0,50574	<i>I</i>	-1,6087	1,3031
		<b>S4</b>	0,3500	0,50574	<b>0,98</b>	-1,1059	1,8059
		<b>S5</b>	0,3500	0,50574	<b>0,98</b>	-1,1059	1,8059
		<b>S6</b>	0,4750	0,50574	<b>0,93</b>	-0,9809	1,9309
	<b>S3</b>	<b>S1</b>	0,1444	0,50574	<i>I</i>	-1,3114	1,6003
		<b>S2</b>	0,1528	0,50574	<i>I</i>	-1,3031	1,6087
		<b>S4</b>	0,5028	0,50574	<b>0,92</b>	-0,9531	1,9587
		<b>S5</b>	0,5028	0,50574	<b>0,92</b>	-0,9531	1,9587
		<b>S6</b>	0,6278	0,50574	<b>0,81</b>	-0,8281	2,0837
	<b>S4</b>	<b>S1</b>	-0,3583	0,50574	<b>0,98</b>	-1,8142	1,0975
		<b>S2</b>	-0,3500	0,50574	<b>0,98</b>	-1,8059	1,1059
		<b>S3</b>	-0,5028	0,50574	<b>0,92</b>	-1,9587	0,9531
		<b>S5</b>	0,0000	0,50574	<i>I</i>	-1,4559	1,4559
		<b>S6</b>	0,1250	0,50574	<i>I</i>	-1,3309	1,5809
	<b>S5</b>	<b>S1</b>	-0,3583	0,50574	<b>0,98</b>	-1,8142	1,0975
		<b>S2</b>	-0,3500	0,50574	<b>0,98</b>	-1,8059	1,1059
		<b>S3</b>	-0,5028	0,50574	<b>0,92</b>	-1,9587	0,9531
		<b>S4</b>	0,0000	0,50574	<i>I</i>	-1,4559	1,4559
		<b>S6</b>	0,1250	0,50574	<i>I</i>	-1,3309	1,5809
	<b>S6</b>	<b>S1</b>	-0,4833	0,50574	<b>0,93</b>	-1,9392	0,9725
		<b>S2</b>	-0,4750	0,50574	<b>0,93</b>	-1,9309	0,9809
		<b>S3</b>	-0,6278	0,50574	<b>0,81</b>	-2,0837	0,8281
		<b>S4</b>	-0,1250	0,50574	<i>I</i>	-1,5809	1,3309
		<b>S5</b>	-0,1250	0,50574	<i>I</i>	-1,5809	1,3309

**Tableau 7 : comparaison stationnelle du taux de pH**

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
pH	S1	S2	0,1134	0,05683	<b>0,35</b>	-0,0501	0,2770
		S3	0,1108	0,05683	<b>0,37</b>	-0,0528	0,2744
		S4	-0,0388	0,05683	<b>0,98</b>	-0,2024	0,1248
		S5	0,0711	0,05683	<b>0,81</b>	-0,0925	0,2347
		S6	0,0996	0,05683	<b>0,50</b>	-0,0640	0,2631
	S2	S1	-0,1134	0,05683	<b>0,35</b>	-0,2770	0,0501
		S3	-0,0026	0,05683	<b>1</b>	-0,1662	0,1610
		S4	-0,1522	0,05683	<b>0,08</b>	-0,3158	0,0114
		S5	-0,0423	0,05683	<b>0,98</b>	-0,2059	0,1213
		S6	-0,0139	0,05683	<b>1</b>	-0,1775	0,1497
	S3	S1	-0,1108	0,05683	<b>0,37</b>	-0,2744	0,0528
		S2	0,0026	0,05683	<b>1</b>	-0,1610	0,1662
		S4	-0,1496	0,05683	<b>0,09</b>	-0,3132	0,0140
		S5	-0,0397	0,05683	<b>0,98</b>	-0,2033	0,1239
		S6	-0,0113	0,05683	<b>1</b>	-0,1749	0,1523
	S4	S1	0,0388	0,05683	<b>0,98</b>	-0,1248	0,2024
		S2	0,1522	0,05683	<b>0,08</b>	-0,0114	0,3158
		S3	0,1496	0,05683	<b>0,09</b>	-0,0140	0,3132
		S5	0,1099	0,05683	<b>0,38</b>	-0,0537	0,2735
		S6	0,1383	0,05683	<b>0,15</b>	-0,0253	0,3019
	S5	S1	-0,0711	0,05683	<b>0,81</b>	-0,2347	0,0925
		S2	0,0423	0,05683	<b>0,98</b>	-0,1213	0,2059
		S3	0,0397	0,05683	<b>0,98</b>	-0,1239	0,2033
		S4	-0,1099	0,05683	<b>0,38</b>	-0,2735	0,0537
S6		0,0284	0,05683	<b>1</b>	-0,1352	0,1920	
S6	S1	-0,0996	0,05683	<b>0,50</b>	-0,2631	0,0640	
	S2	0,0139	0,05683	<b>1</b>	-0,1497	0,1775	
	S3	0,0113	0,05683	<b>1</b>	-0,1523	0,1749	
	S4	-0,1383	0,05683	<b>0,15</b>	-0,3019	0,0253	
	S5	-0,0284	0,05683	<b>1</b>	-0,1920	0,1352	

**Tableau 8:** comparaison stationnelle du taux de la salinité

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
salinité	S1	S2	-0,0500	0,29148	<i>1</i>	-0,8891	0,7891
		S3	1,4889*	0,29148	<i>1,15E-05***</i>	0,6498	2,3280
		S4	-0,0333	0,29148	<i>1</i>	-0,8724	0,8058
		S5	0,2472	0,29148	<i>0,96</i>	-0,5919	1,0863
		S6	0,3639	0,29148	<i>0,81</i>	-0,4752	1,2030
	S2	S1	0,0500	0,29148	<i>1</i>	-0,7891	0,8891
		S3	1,5389*	0,29148	<i>5,15E-06***</i>	0,6998	2,3780
		S4	0,0167	0,29148	<i>1</i>	-0,8224	0,8558
		S5	0,2972	0,29148	<i>0,91</i>	-0,5419	1,1363
		S6	0,4139	0,29148	<i>0,71</i>	-0,4252	1,2530
	S3	S1	-1,4889*	0,29148	<i>1,15E-05***</i>	-2,3280	-0,6498
		S2	-1,5389*	0,29148	<i>5,15E-06***</i>	-2,3780	-0,6998
		S4	-1,5222*	0,29148	<i>6,75E-06***</i>	-2,3613	-0,6831
		S5	-1,2417*	0,29148	<i>0,0004***</i>	-2,0808	-0,4026
		S6	-1,1250*	0,29148	<i>0,002**</i>	-1,9641	-0,2859
	S4	S1	0,0333	0,29148	<i>1</i>	-0,8058	0,8724
		S2	-0,0167	0,29148	<i>1</i>	-0,8558	0,8224
		S3	1,5222*	0,29148	<i>6,75E-06***</i>	0,6831	2,3613
		S5	0,2806	0,29148	<i>0,93</i>	-0,5585	1,1196
		S6	0,3972	0,29148	<i>0,75</i>	-0,4419	1,2363
	S5	S1	-0,2472	0,29148	<i>0,96</i>	-1,0863	0,5919
		S2	-0,2972	0,29148	<i>0,91</i>	-1,1363	0,5419
		S3	1,2417*	0,29148	<i>0,0004***</i>	0,4026	2,0808
		S4	-0,2806	0,29148	<i>0,93</i>	-1,1196	0,5585
S6		0,1167	0,29148	<i>1</i>	-0,7224	0,9558	
S6	S1	-0,3639	0,29148	<i>0,81</i>	-1,2030	0,4752	
	S2	-0,4139	0,29148	<i>0,71</i>	-1,2530	0,4252	
	S3	1,1250*	0,29148	<i>0,002***</i>	0,2859	1,9641	
	S4	-0,3972	0,29148	<i>0,75</i>	-1,2363	0,4419	
	S5	-0,1167	0,29148	<i>1</i>	-0,9558	0,7224	

**Tableau 9:** comparaison stationnelle du taux de MES

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
MES	S1	S2	-0,0361	1,49310	<i>1</i>	-4,3343	4,2621
		S3	-2,9750	1,49310	<i>0,35</i>	-7,2732	1,3232
		S4	-4,2892	1,49310	<i>0,05</i>	-8,5874	0,0091
		S5	1,8847	1,49310	<i>0,8</i>	-2,4135	6,1830
		S6	-0,1722	1,49310	<i>1</i>	-4,4705	4,1260
	S2	S1	0,0361	1,49310	<i>1</i>	-4,2621	4,3343
		S3	-2,9389	1,49310	<i>0,36</i>	-7,2371	1,3593
		S4	-4,2531	1,49310	<i>0,05</i>	-8,5513	0,0452
		S5	1,9208	1,49310	<i>0,79</i>	-2,3774	6,2191
		S6	-0,1361	1,49310	<i>1</i>	-4,4343	4,1621
	S3	S1	2,9750	1,49310	<i>0,35</i>	-1,3232	7,2732
		S2	2,9389	1,49310	<i>0,36</i>	-1,3593	7,2371
		S4	-1,3142	1,49310	<i>0,95</i>	-5,6124	2,9841
		S5	4,8597*	1,49310	<i>0,02*</i>	,5615	9,1580
		S6	2,8028	1,49310	<i>0,42</i>	-1,4955	7,1010
	S4	S1	4,2892	1,49310	<i>0,05</i>	-0,0091	8,5874
		S2	4,2531	1,49310	<i>0,05</i>	-0,0452	8,5513
		S3	1,3142	1,49310	<i>0,95</i>	-2,9841	5,6124
		S5	6,1739*	1,49310	<i>0,0007***</i>	1,8757	10,4721
		S6	4,1169	1,49310	<i>0,07</i>	-0,1813	8,4152
	S5	S1	-1,8847	1,49310	<i>0,8</i>	-6,1830	2,4135
		S2	-1,9208	1,49310	<i>0,79</i>	-6,2191	2,3774
		S3	-4,8597*	1,49310	<i>0,02*</i>	-9,1580	-,5615
		S4	-6,1739*	1,49310	<i>0,0007***</i>	-10,4721	-1,8757
S6		-2,0569	1,49310	<i>0,74</i>	-6,3552	2,2413	
S6	S1	0,1722	1,49310	<i>1</i>	-4,1260	4,4705	
	S2	0,1361	1,49310	<i>1</i>	-4,1621	4,4343	
	S3	-2,8028	1,49310	<i>0,42</i>	-7,1010	1,4955	
	S4	-4,1169	1,49310	<i>0,07</i>	-8,4152	0,1813	
	S5	2,0569	1,49310	<i>0,74</i>	-2,2413	6,3552	

**Tableau 10:** comparaison stationnelle du taux de nitrite

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Nitrite	S1	S2	-0,0107	0,04335	<i>1</i>	-0,1354	0,1141
		S3	-0,2062*	0,04335	<b>5,62E-05***</b>	-0,3310	-0,0814
		S4	-0,0784	0,04335	<i>0,46</i>	-0,2032	0,0464
		S5	-0,0452	0,04335	<i>0,9</i>	-0,1700	0,0796
		S6	0,0141	0,04335	<i>1</i>	-0,1107	0,1389
	S2	S1	0,0107	0,04335	<i>1</i>	-0,1141	0,1354
		S3	-0,1956*	0,04335	<b>0,0002***</b>	-0,3203	-0,0708
		S4	-0,0677	0,04335	<i>0,62</i>	-0,1925	0,0571
		S5	-0,0345	0,04335	<i>0,97</i>	-0,1593	0,0903
		S6	0,0247	0,04335	<i>1</i>	-0,1001	0,1495
	S3	S1	0,2062*	0,04335	<b>5,62E-05***</b>	0,0814	0,3310
		S2	0,1956*	0,04335	<b>0,0002***</b>	0,0708	0,3203
		S4	0,1278*	0,04335	<i>0,04*</i>	0,0030	0,2526
		S5	0,1610*	0,04335	<b>0,003***</b>	0,0362	0,2858
		S6	0,2203*	0,04335	<b>1,30E-05***</b>	0,0955	0,3451
	S4	S1	0,0784	0,04335	<i>0,46</i>	-0,0464	0,2032
		S2	0,0677	0,04335	<i>0,62</i>	-0,0571	0,1925
		S3	-0,1278*	0,04335	<i>0,04*</i>	-0,2526	-0,0030
		S5	0,0332	0,04335	<i>0,97</i>	-0,0916	0,1580
		S6	0,0925	0,04335	<i>0,27</i>	-0,0323	0,2172
	S5	S1	0,0452	0,04335	<i>0,9</i>	-0,0796	0,1700
		S2	0,0345	0,04335	<i>0,97</i>	-0,0903	0,1593
		S3	-0,1610*	0,04335	<b>0,003***</b>	-0,2858	-0,0362
		S4	-0,0332	0,04335	<i>0,97</i>	-0,1580	0,0916
S6		0,0592	0,04335	<i>0,74</i>	-0,0656	0,1840	
S6	S1	-0,0141	0,04335	<i>1</i>	-0,1389	0,1107	
	S2	-0,0247	0,04335	<i>1</i>	-0,1495	0,1001	
	S3	-0,2203*	0,04335	<b>1,3E-05***</b>	-0,3451	-0,0955	
	S4	-0,0925	0,04335	<i>0,27</i>	-0,2172	0,0323	
	S5	-0,0592	0,04335	<i>0,74</i>	-0,1840	0,0656	

**Tableau 11:** comparaison stationnelle du taux de nitrate

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Nitrate	S1	S2	0,5198	0,28922	<b>0,47</b>	-0,3127	1,3524
		S3	-0,1541	0,28922	<b>1</b>	-0,9867	0,6785
		S4	0,2249	0,28922	<b>0,97</b>	-0,6077	1,0574
		S5	0,3009	0,28922	<b>0,9</b>	-0,5317	1,1335
		S6	0,2407	0,28922	<b>0,96</b>	-0,5918	1,0733
	S2	S1	-0,5198	0,28922	<b>0,47</b>	-1,3524	0,3127
		S3	-0,6739	0,28922	<b>0,19</b>	-1,5065	0,1586
		S4	-0,2950	0,28922	<b>0,91</b>	-1,1276	0,5376
		S5	-0,2189	0,28922	<b>0,97</b>	-1,0515	0,6137
		S6	-0,2791	0,28922	<b>0,92</b>	-1,1117	0,5535
	S3	S1	0,1541	0,28922	<b>1</b>	-0,6785	0,9867
		S2	0,6739	0,28922	<b>0,19</b>	-0,1586	1,5065
		S4	0,3790	0,28922	<b>0,78</b>	-0,4536	1,2115
		S5	0,4550	0,28922	<b>0,62</b>	-0,3776	1,2876
		S6	0,3948	0,28922	<b>0,75</b>	-0,4377	1,2274
	S4	S1	-0,2249	0,28922	<b>0,97</b>	-1,0574	0,6077
		S2	0,2950	0,28922	<b>0,91</b>	-0,5376	1,1276
		S3	-0,3790	0,28922	<b>0,78</b>	-1,2115	0,4536
		S5	0,0761	0,28922	<b>1</b>	-0,7565	0,9086
		S6	0,0159	0,28922	<b>1</b>	-0,8167	0,8485
	S5	S1	-0,3009	0,28922	<b>0,90</b>	-1,1335	0,5317
		S2	0,2189	0,28922	<b>0,97</b>	-0,6137	1,0515
		S3	-0,4550	0,28922	<b>0,62</b>	-1,2876	0,3776
		S4	-0,0761	0,28922	<b>1</b>	-0,9086	0,7565
S6		-0,0602	0,28922	<b>1</b>	-0,8928	0,7724	
S6	S1	-0,2407	0,28922	<b>0,96</b>	-1,0733	0,5918	
	S2	0,2791	0,28922	<b>0,93</b>	-0,5535	1,1117	
	S3	-0,3948	0,28922	<b>0,75</b>	-1,2274	0,4377	
	S4	-0,0159	0,28922	<b>1</b>	-0,8485	0,8167	
	S5	0,0602	0,28922	<b>1</b>	-0,7724	0,8928	

**Tableau 12:** comparaison stationnelle du taux d'ammonium

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Ammonium	S1	S2	-0,0136	0,03985	<i>1</i>	-0,1283	0,1011
		S3	-0,3329*	0,03985	<b>7,38E-13***</b>	-0,4476	-0,2182
		S4	-0,1904*	0,03985	<b>5,09E-05***</b>	-0,3051	-0,0757
		S5	-0,0060	0,03985	<i>1</i>	-0,1207	0,1087
		S6	0,0366	0,03985	<b>0,94</b>	-0,0781	0,1513
	S2	S1	0,0136	0,03985	<i>1</i>	-0,1011	0,1283
		S3	-0,3193*	0,03985	<b>2,12E-12***</b>	-0,4340	-0,2046
		S4	-0,1768*	0,03985	<b>0,0002***</b>	-0,2915	-0,0621
		S5	0,0076	0,03985	<i>1</i>	-0,1071	0,1223
		S6	0,0502	0,03985	<b>0,81</b>	-0,0645	0,1649
	S3	S1	0,3329*	0,03985	<b>7,38E-13***</b>	0,2182	0,4476
		S2	0,3193*	0,03985	<b>2,12E-12***</b>	0,2046	0,4340
		S4	0,1425*	0,03985	<b>0,006***</b>	0,0278	0,2572
		S5	0,3269*	0,03985	<b>1,03E-12***</b>	0,2122	0,4416
		S6	0,3695*	0,03985	<b>5,46E-13***</b>	0,2548	0,4842
	S4	S1	0,1904*	0,03985	<b>5,09E-05***</b>	0,0757	0,3051
		S2	0,1768*	0,03985	<b>0,0002***</b>	0,0621	0,2915
		S3	-0,1425*	0,03985	<b>0,006***</b>	-0,2572	-0,0278
		S5	0,1844*	0,03985	<b>9,79E-05***</b>	0,0697	0,2991
		S6	0,2270*	0,03985	<b>6,71E-07***</b>	0,1123	0,3417
	S5	S1	0,0060	0,03985	<i>1</i>	-0,1087	0,1207
		S2	-0,0076	0,03985	<i>1</i>	-0,1223	0,1071
		S3	-0,3269*	0,03985	<b>1,03E-12***</b>	-0,4416	-0,2122
		S4	-0,1844*	0,03985	<b>9,79E-05***</b>	-0,2991	-0,0697
		S6	0,0426	0,03985	<b>0,89</b>	-0,0721	0,1573
	S6	S1	-0,0366	0,03985	<b>0,94</b>	-0,1513	0,0781
		S2	-0,0502	0,03985	<b>0,81</b>	-0,1649	0,0645
		S3	-0,3695*	0,03985	<b>5,46E-13***</b>	-0,4842	-0,2548
		S4	-0,2270*	0,03985	<b>6,71E-07***</b>	-0,3417	-0,1123
		S5	-0,0426	0,03985	<b>0,89</b>	-0,1573	0,0721

**Tableau 13:** comparaison stationnelle du taux d'ortho phosphate

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Ortho phosphate	S1	S2	-0,0078	0,00576	<i>0,75</i>	-0,0244	0,0088
		S3	-0,0275*	0,00576	<i>5,16E-05***</i>	-0,0441	-0,0109
		S4	-0,0231*	0,00576	<i>0,001***</i>	-0,0397	-0,0066
		S5	-0,0094	0,00576	<i>0,57</i>	-0,0260	0,0071
		S6	0,0027	0,00576	<i>1</i>	-0,0139	0,0192
	S2	S1	0,0078	0,00576	<i>0,75</i>	-0,0088	0,0244
		S3	-0,0197*	0,00576	<i>0,009***</i>	-0,0362	-0,0031
		S4	-0,0153	0,00576	<i>0,09</i>	-0,0319	0,0012
		S5	-0,0016	0,00576	<i>1</i>	-0,0182	0,0150
		S6	0,0105	0,00576	<i>0,45</i>	-0,0061	0,0270
	S3	S1	0,0275*	0,00576	<i>5,16E-05***</i>	0,0109	0,0441
		S2	0,0197*	0,00576	<i>0,009***</i>	0,0031	0,0362
		S4	0,0043	0,00576	<i>0,97</i>	-0,0122	0,0209
		S5	0,0181*	0,00576	<i>0,023*</i>	0,0015	0,0346
		S6	0,0302*	0,00576	<i>6,18E-06***</i>	0,0136	0,0467
	S4	S1	0,0231*	0,00576	<i>0,001***</i>	0,0066	0,0397
		S2	0,0153	0,00576	<i>0,09</i>	-0,0012	0,0319
		S3	-0,0043	0,00576	<i>0,97</i>	-0,0209	0,0122
		S5	0,0137	0,00576	<i>0,17</i>	-0,0029	0,0303
		S6	0,0258*	0,00576	<i>0,0001***</i>	0,0092	0,0424
	S5	S1	0,0094	0,00576	<i>0,57</i>	-0,0071	0,0260
		S2	0,0016	0,00576	<i>1</i>	-0,0150	0,0182
		S3	-0,0181*	0,00576	<i>0,02*</i>	-0,0346	-0,0015
		S4	-0,0137	0,00576	<i>0,17</i>	-0,0303	0,0029
S6		0,0121	0,00576	<i>0,29</i>	-0,0045	0,0287	
S6	S1	-0,0027	0,00576	<i>1</i>	-0,0192	0,0139	
	S2	-0,0105	0,00576	<i>0,45</i>	-0,0270	0,0061	
	S3	-0,0302*	0,00576	<i>6,18E-06***</i>	-0,0467	-0,0136	
	S4	-0,0258*	0,00576	<i>0,0001***</i>	-0,0424	-0,0092	
	S5	-0,0121	0,00576	<i>0,29</i>	-0,0287	0,0045	

### 3 / comparaison saisonnière

#### Différence significative de Tukey

Le taux d'oxygène dissous est différent entre les quatre saisons, nous avons enregistré des différences très hautement significatives excepte les saisons : printemps, été ( $P=0,06$ ), Printemps et automne ( $P=0,98$ ), été au automne ( $P=0,15$ ) (**Tab. 14**).

Le teste du tukey montre également que la température est différente entre les quatre saisons, nous avons enregistré des différences très hautement significatives entre des taux de température enregistrés en hiver, printemps, été et automne (**Tab. 14**).

Le taux pH est différent entre les quatre saisons, nous avons enregistré des différences très hautement significatives excepte les deux saisons : l'été et l'automne ( $P=0,97$ ) (**Tab. 14**).

Après comparaison du taux de salinité entre les différentes saisons, l'hiver et le printemps présentent une même salinité ( $P=0,99$ ) et pareil pour l'été et l'automne ( $P=0,99$ ). Tandis que les autres saisons présentent des différences très hautement significatives (**Tab. 15**).

Pour le taux de MES, il est différent entre les saisons excepte les saisons suivantes : l'hiver et le printemps ( $P=0,91$ ), l'hiver et l'été ( $P=0,62$ ), printemps et été ( $P=0,24$ ), été et automne ( $P=0,01$ ) (**Tab. 15**).

Le teste de tukey montre que le taux de des nitrites est différent entre les quatre saisons, excepte entre les saisons suivantes : printemps et été ( $P=0,07$ ), printemps et automne ( $P=0,96$ ) et entre l'été et l'automne ( $P=0,02$ ) (**Tab. 15**). Et pour le taux des nitrates nous avons enregistré des différences très hautement significative excepte pour les saisons suivantes : printemps et été ( $P=0,84$ ), printemps automne ( $P=0,35$ ), été et automne ( $P=0,06$ ) (**Tab. 16**).

Le taux de l'ammonium est différent entre les quatre saisons, nous avons enregistrés des différences très hautement significative entre le taux d'ammonium excepte pour la saison d'hiver et printemps ( $P=0,97$ ) (**Tab. 16**).

Le taux des ortho phosphates est différent entre les quatre saisons, nous avons enregistré des différences très hautement significative excepte les saisons : hiver et été ( $P=0,99$ ), hiver et automne ( $P=0,14$ ), été et automne ( $P=0,11$ ) (**Tab. 16**).

**Tableau 14:** comparaison saisonnière du taux d'oxygène dissous, T° et pH

Variable dépendante		Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %		
					Borne inférieure	Borne supérieure	
O <sub>2</sub>	HIVER	PRINTEMPS	0,8030*	0,17919	<i>7,48E-05***</i>	0,3386	1,2674
		ETE	1,2470*	0,17919	<i>3,15E-10***</i>	0,7826	1,7114
		AUTOMNE	0,8702*	0,17919	<i>1,46E-05***</i>	0,4058	1,3346
	PRINTEMPS	HIVER	-0,8030*	0,17919	<i>7,48E-05***</i>	-1,2674	-0,3386
		ETE	0,4441	0,17919	<i>0,06</i>	-0,0203	0,9085
		AUTOMNE	0,0672	0,17919	<i>0,98</i>	-0,3972	0,5316
	ETE	HIVER	-1,2470*	0,17919	<i>3,15E-10***</i>	-1,7114	-0,7826
		PRINTEMPS	-0,4441	0,17919	<i>0,07</i>	-0,9085	0,0203
		AUTOMNE	-0,3769	0,17919	<i>0,15</i>	-0,8412	0,0875
	AUTOMNE	HIVER	-0,8702*	0,17919	<i>1,46E-05***</i>	-1,3346	-0,4058
		PRINTEMPS	-0,0672	0,17919	<i>0,98</i>	-0,5316	0,3972
		ETE	0,3769	0,17919	<i>0,15</i>	-0,0875	0,8412
T	HIVER	PRINTEMPS	-4,9481*	0,41293	<i>4,40E-13***</i>	-6,0183	-3,8780
		ETE	-10,3648*	0,41293	<i>4,40E-13***</i>	-11,4350	-9,2946
		AUTOMNE	-1,9852*	0,41293	<i>1,82E-05***</i>	-3,0554	-0,9150
	PRINTEMPS	HIVER	4,9481*	0,41293	<i>4,40E-13***</i>	3,8780	6,0183
		ETE	-5,4167*	0,41293	<i>4,40E-13***</i>	-6,4869	-4,3465
		AUTOMNE	2,9630*	0,41293	<i>9,21E-11***</i>	1,8928	4,0331
	ETE	HIVER	10,3648*	0,41293	<i>4,40E-13***</i>	9,2946	11,4350
		PRINTEMPS	5,4167*	0,41293	<i>4,40E-13***</i>	4,3465	6,4869
		AUTOMNE	8,3796*	0,41293	<i>4,40E-13***</i>	7,3094	9,4498
	AUTOMNE	HIVER	1,9852*	0,41293	<i>1,82E-05***</i>	0,9150	3,0554
		PRINTEMPS	-2,9630*	0,41293	<i>9,21E-11***</i>	-4,0331	-1,8928
		ETE	-8,3796*	0,41293	<i>4,40E-13***</i>	-9,4498	-7,3094
pH	HIVER	PRINTEMPS	-0,4151*	0,04640	<i>4,42E-13***</i>	-0,5353	-0,2948
		ETE	-0,7620*	0,04640	<i>4,40E-13***</i>	-0,8822	-0,6417
		AUTOMNE	-0,7418*	0,04640	<i>4,40E-13***</i>	-0,8620	-0,6215
	PRINTEMPS	HIVER	0,4151*	0,04640	<i>4,42E-13***</i>	0,2948	0,5353
		ETE	-0,3469*	0,04640	<i>1,63E-11***</i>	-0,4672	-0,2267
		AUTOMNE	-0,3267*	0,04640	<i>1,98E-10***</i>	-0,4470	-0,2065
	ETE	HIVER	0,7620*	0,04640	<i>4,40E-13***</i>	0,6417	0,8822
		PRINTEMPS	0,3469*	0,04640	<i>1,63E-11***</i>	0,2267	0,4672
		AUTOMNE	0,0202	0,04640	<i>0,97</i>	-0,1000	0,1405
	AUTOMNE	HIVER	0,7418*	0,04640	<i>4,40E-13***</i>	0,6215	0,8620
		PRINTEMPS	0,3267*	0,04640	<i>1,98E-10***</i>	0,2065	0,4470
		ETE	-0,0202	0,04640	<i>0,97</i>	-0,1405	0,1000

**Tableau 15:** comparaison saisonnière du taux salinité, MES et nitrite

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
salinité	HIVER	PRINTEMPS	-0,0278	0,23799	<i>1</i>	-0,6446	0,5890
		ETE	-0,9000*	0,23799	<i>0,001*</i>	-1,5168	-0,2832
		AUTOMNE	-0,8759*	0,23799	<i>0,001*</i>	-1,4927	-0,2591
	PRINTEMPS	HIVER	0,0278	0,23799	<i>1</i>	-0,5890	0,6446
		ETE	-0,8722*	0,23799	<i>0,002*</i>	-1,4890	-0,2554
		AUTOMNE	-0,8481*	0,23799	<i>0,002*</i>	-1,4649	-0,2313
	ETE	HIVER	0,9000*	0,23799	<i>0,001*</i>	0,2832	1,5168
		PRINTEMPS	0,8722*	0,23799	<i>0,002*</i>	0,2554	1,4890
		AUTOMNE	0,0241	0,23799	<i>1</i>	-0,5927	0,6409
	AUTOMNE	HIVER	0,8759*	0,23799	<i>0,001*</i>	0,2591	1,4927
		PRINTEMPS	0,8481*	0,23799	<i>0,002*</i>	0,2313	1,4649
		ETE	-0,0241	0,23799	<i>1</i>	-,6409	0,5927
MES	HIVER	PRINTEMPS	0,7991	1,21911	<i>0,91</i>	-2,3605	3,9586
		ETE	-1,4770	1,21911	<i>0,62</i>	-4,6366	1,6825
		AUTOMNE	-5,0806*	1,21911	<i>0,0002*</i>	-8,2401	-1,9210
	PRINTEMPS	HIVER	-0,7991	1,21911	<i>0,91</i>	-3,9586	2,3605
		ETE	-2,2761	1,21911	<i>0,24</i>	-5,4357	0,8834
		AUTOMNE	-5,8796*	1,21911	<i>1,70E-05***</i>	-9,0392	-2,7201
	ETE	HIVER	1,4770	1,21911	<i>0,62</i>	-1,6825	4,6366
		PRINTEMPS	2,2761	1,21911	<i>0,24</i>	-,8834	5,4357
		AUTOMNE	-3,6035*	1,21911	<i>0,018*</i>	-6,7631	-0,4440
	AUTOMNE	HIVER	5,0806*	1,21911	<i>0,0002***</i>	1,9210	8,2401
		PRINTEMPS	5,8796*	1,21911	<i>1,70E-05***</i>	2,7201	9,0392
		ETE	3,6035*	1,21911	<i>0,02*</i>	0,4440	6,7631
Nitrite	HIVER	PRINTEMPS	0,1911*	0,03540	<i>1,16E-06***</i>	0,0994	0,2829
		ETE	0,2775*	0,03540	<i>2,26E-12***</i>	0,1858	0,3692
		AUTOMNE	0,1744*	0,03540	<i>1,07E-05***</i>	0,0827	0,2661
	PRINTEMPS	HIVER	-0,1911*	0,03540	<i>1,16E-06***</i>	-0,2829	-0,0994
		ETE	0,0863	0,03540	<i>0,07</i>	-0,0054	0,1781
		AUTOMNE	-0,0168	0,03540	<i>0,96</i>	-0,1085	0,0750
	ETE	HIVER	-0,2775*	0,03540	<i>2,26E-12***</i>	-0,3692	-0,1858
		PRINTEMPS	-0,0863	0,03540	<i>0,07</i>	-0,1781	0,0054
		AUTOMNE	-0,1031*	0,03540	<i>0,02*</i>	-0,1948	-0,0114
	AUTOMNE	HIVER	-0,1744*	0,03540	<i>1,067E-05***</i>	-0,2661	-0,0827
		PRINTEMPS	0,0168	0,03540	<i>0,96</i>	-0,0750	0,1085
		ETE	0,1031*	0,03540	<i>0,02</i>	0,0114	0,1948

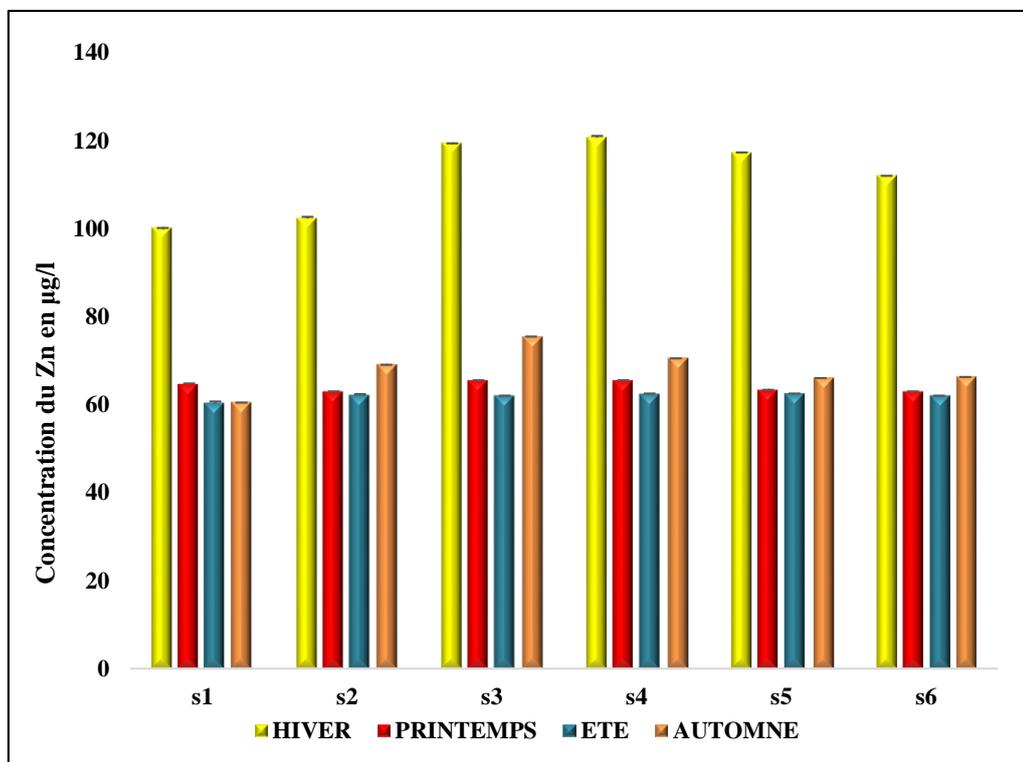
**Tableau 16:** comparaison saisonnière du taux nitrate, ammonium et ortho phosphate

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Nitrate	HIVER	PRINTEMPS	2,2959*	0,23615	<b>4,40E-13***</b>	1,6838	2,9079
		ETE	2,1014*	0,23615	<b>4,43E-13***</b>	1,4894	2,7134
		AUTOMNE	2,6847*	0,23615	<b>4,4E-13***</b>	2,0727	3,2968
	PRINTEMPS	HIVER	-2,2959*	0,23615	<b>4,40E-13***</b>	-2,9079	-1,6838
		ETE	-0,1944	0,23615	<b>0,84</b>	-0,8065	0,4176
		AUTOMNE	0,3889	0,23615	<b>0,35</b>	-0,2231	1,0009
	ETE	HIVER	-2,1014*	0,23615	<b>4,43E-13***</b>	-2,7134	-1,4894
		PRINTEMPS	0,1944	0,23615	<b>0,84</b>	-0,4176	0,8065
		AUTOMNE	0,5833	0,23615	<b>0,07</b>	-0,0287	1,1953
	AUTOMNE	HIVER	-2,6847*	0,23615	<b>4,40E-13***</b>	-3,2968	-2,0727
		PRINTEMPS	-0,3889	0,23615	<b>0,35</b>	-1,0009	0,2231
		ETE	-0,5833	0,23615	<b>0,07</b>	-1,1953	0,0287
Ammonium	HIVER	PRINTEMPS	0,0145	0,03253	<b>0,970</b>	-,0698	0,0988
		ETE	0,3744*	0,03253	<b>4,40E-13***</b>	0,2901	0,4588
		AUTOMNE	0,1819*	0,03253	<b>4,59E-07***</b>	0,0976	0,2662
	PRINTEMPS	HIVER	-0,0145	0,03253	<b>0,97</b>	-0,0988	0,0698
		ETE	0,3600*	0,03253	<b>4,40E-13***</b>	0,2756	0,4443
		AUTOMNE	0,1674*	0,03253	<b>3,90E-06***</b>	0,0831	0,2517
	ETE	HIVER	-0,3744*	0,03253	<b>4,40E-13***</b>	-0,4588	-0,2901
		PRINTEMPS	-0,3600*	0,03253	<b>4,40E-13***</b>	-0,4443	-0,2756
		AUTOMNE	-0,1926*	0,03253	<b>8,79E-08***</b>	-0,2769	-0,1082
	AUTOMNE	HIVER	-0,1819*	0,03253	<b>4,59E-07***</b>	-0,2662	-0,0976
		PRINTEMPS	-0,1674*	0,03253	<b>3,90E-06***</b>	-0,2517	-0,0831
		ETE	0,1926*	0,03253	<b>8,79E-08***</b>	0,1082	0,2769
Ortho phosphate	HIVER	PRINTEMPS	0,0168*	0,00470	<b>0,002**</b>	0,0047	0,0290
		ETE	0,0006	0,00470	<b>1</b>	-0,0116	0,0128
		AUTOMNE	-0,0100	0,00470	<b>0,14</b>	-0,0222	0,0021
	PRINTEMPS	HIVER	-0,0168*	0,00470	<b>0,002**</b>	-0,0290	-0,0047
		ETE	-0,0162*	0,00470	<b>0,004**</b>	-0,0284	-0,0041
		AUTOMNE	-0,0269*	0,00470	<b>2,42E-07***</b>	-0,0391	-0,0147
	ETE	HIVER	-0,0006	0,00470	<b>1</b>	-0,0128	0,0116
		PRINTEMPS	0,0162*	0,00470	<b>0,004**</b>	0,0041	0,0284
		AUTOMNE	-0,0106	0,00470	<b>0,11</b>	-0,0228	0,0015
	AUTOMNE	HIVER	0,0100	0,00470	<b>0,14</b>	-0,0021	0,0222
		PRINTEMPS	0,0269*	0,00470	<b>2,42E-07***</b>	0,0147	0,0391
		ETE	0,0106	0,00470	<b>0,11</b>	-0,0015	0,0228

### 3. ETM dans l'eau de mer

#### 3.1 Le zinc

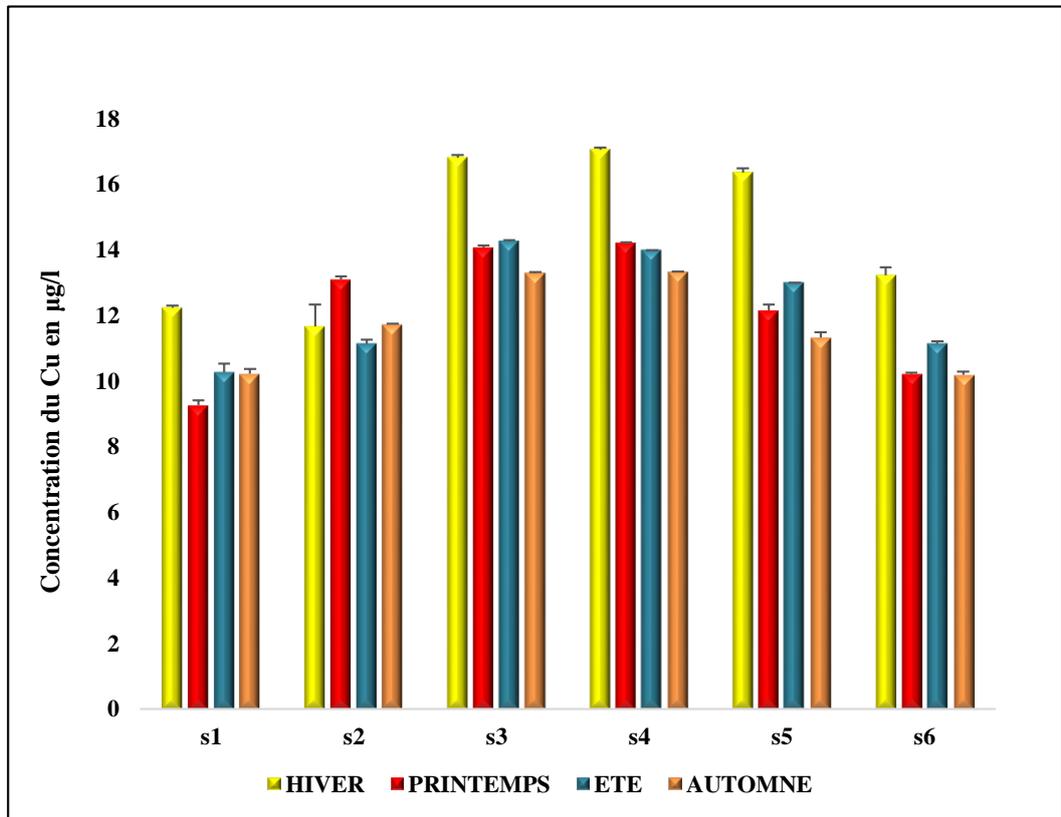
Cette figure représente les variations saisonnières des teneurs en zinc des eaux du golfe d'Annaba, elle varié entre  $120,66 \mu\text{g/l} \pm 0,33$  et  $60,33 \mu\text{g/l} \pm 0,33$ . Le maximum du zinc est enregistré dans la station (S4)  $120,66 \pm 0,33$  dans la période hivernale, alors que sa valeur minimale est enregistrée dans la station (S1)  $60,33 \pm 0,33$  dans la période estivale (**Fig. 26**).



**Figure 26 :** Variation Variations Spatio-temporelles des teneurs en zinc dans les eaux du golfe d'Annaba.

### 3.2 Le cuivre

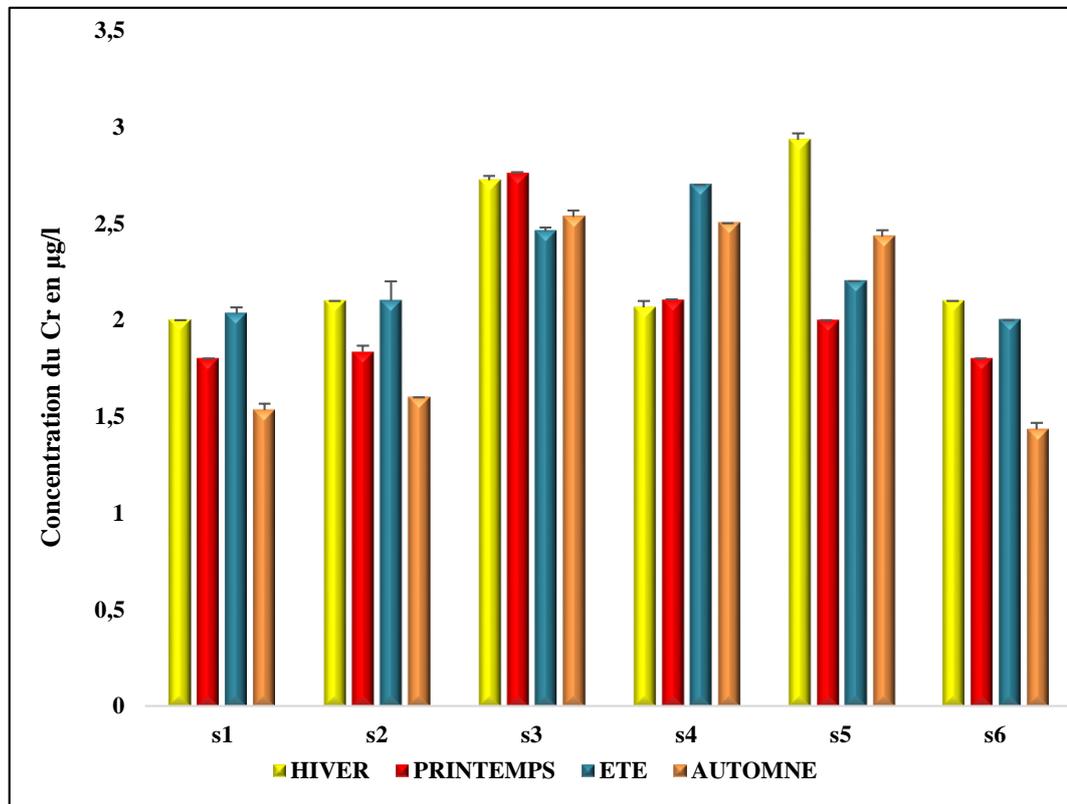
La variation mensuelle des concentrations du cuivre dans les eaux du golfe d'Annaba varie dans l'intervalle  $17,06 \mu\text{g/l} \pm 0,06$  et  $9,26 \mu\text{g/l} \pm 0,14$ . Les teneurs en cuivre les plus élevées sont enregistrées dans la station (S4)  $17,06 \mu\text{g/l} \pm 0,06$  dans la saison d'hiver, et une moindre mesure marqué dans la station (S1) dans la saison de printemps  $9,26 \pm 0,14$  (Fig. 27).



**Figure 27:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en cuivre dans les eaux du golfe d'Annaba.

### 3.3 Le chrome

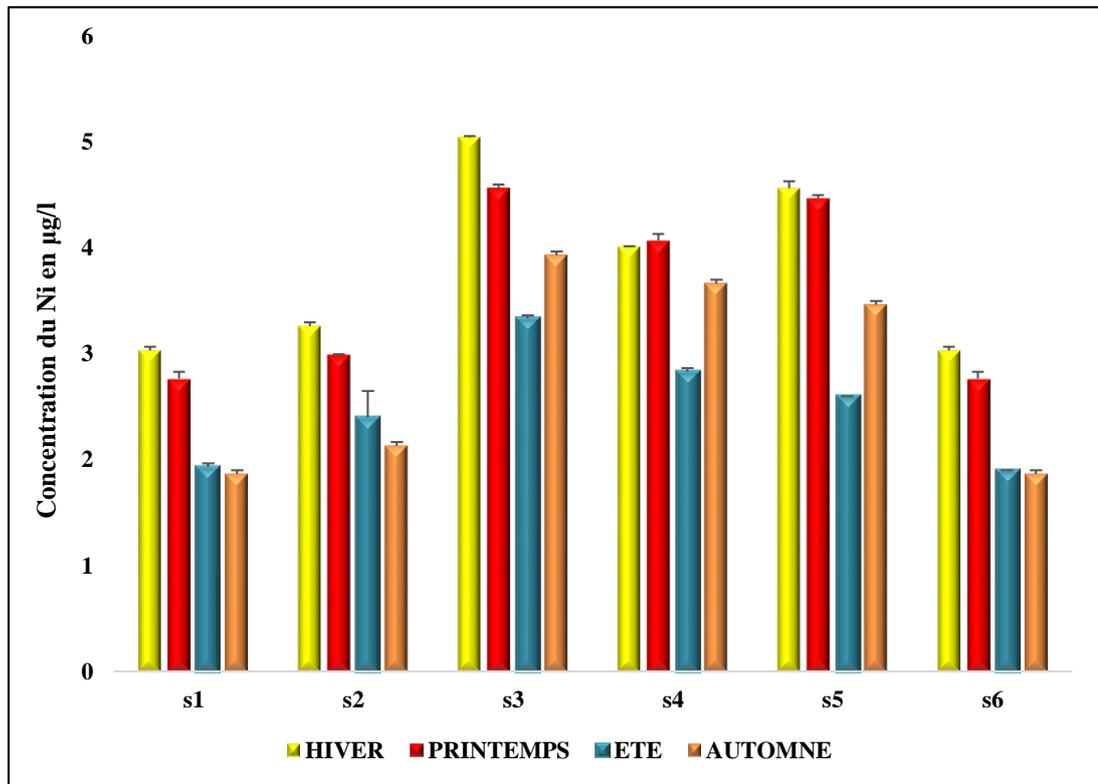
Les teneurs du chrome dans les eaux du golfe variées entre 2,93 et 1,43. Les valeurs maximales sont marquées dans les périodes hivernales, dans la station (S5) 2,93  $\mu\text{g/l} \pm 0,03$ , par contre les faibles valeurs sont observées au niveau de la station (S6) 1,43  $\mu\text{g/l} \pm 0,03$  dans la période automnale (**Fig. 28**).



**Figure 28:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en chrome dans les eaux du golfe d'Annaba.

### 3.4 Le nickel

Les teneurs en nickel dans les eaux des stations variées entre  $5,05 \mu\text{g/l} \pm 0,01$  et  $1,86 \mu\text{g/l} \pm 0,03$ , le maximum de ce métal est enregistré dans la station (S3)  $5,05 \mu\text{g/l} \pm 0,01$  dans la période hivernale et le minimum est enregistré dans la station (S1, S6)  $1,86 \mu\text{g/l} \pm 0,03$  dans la période automnale (**Fig. 29**).

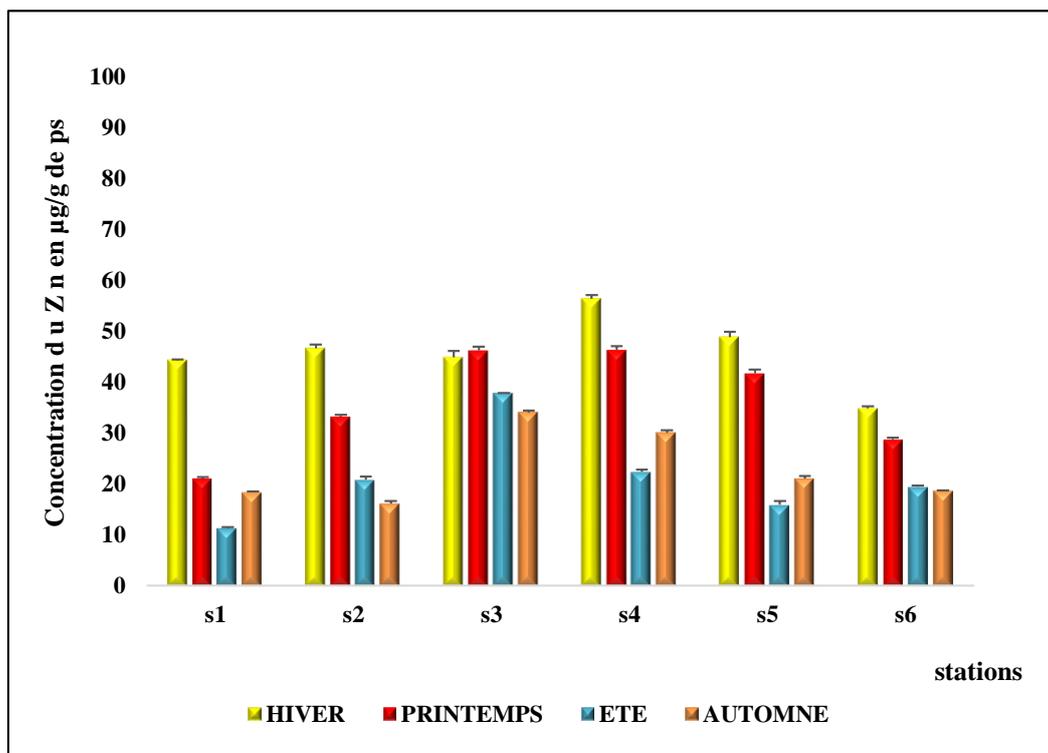


**Figure 29:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en nickel dans les eaux du golfe d'Annaba

## 4. Les ETM dans les Feuilles adultes de *P. oceanica*

### 4.1 Le zinc

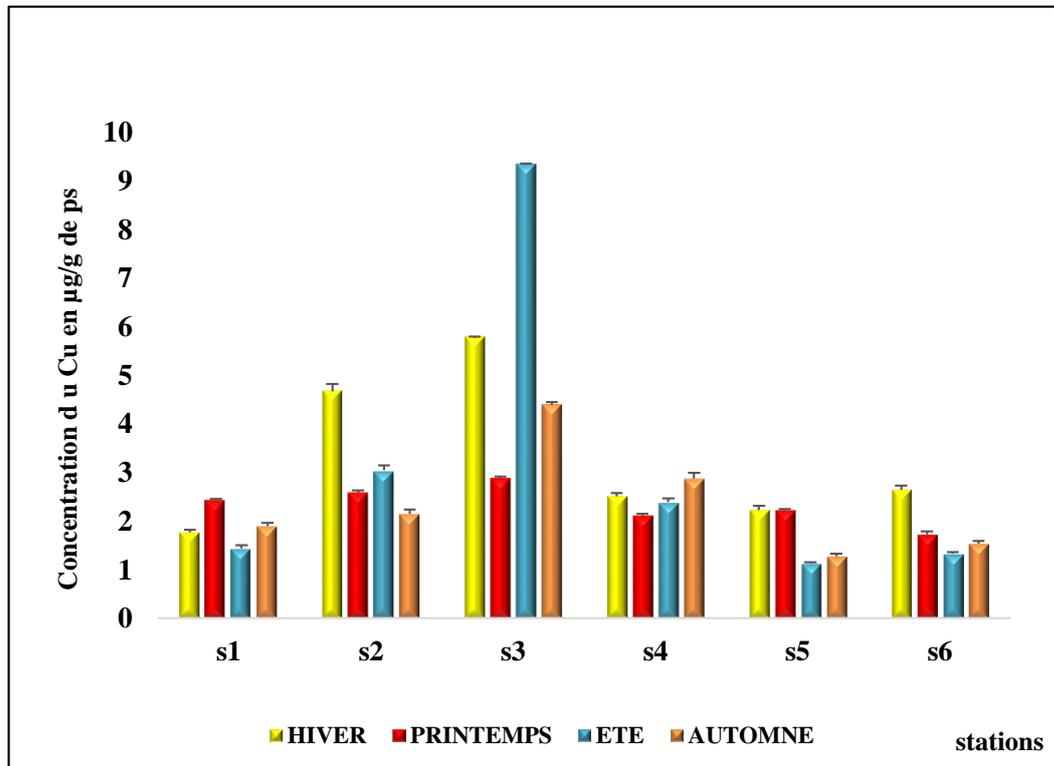
D'une manière générale les feuilles adultes de *P. oceanica* qui peuplent le golfe d'Annaba ont présenté par une concentration en zinc plus élevée en hiver et printemps contrairement pour l'été et l'automne. Les valeurs enregistrées sont entre 56,39  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,71 et 11,4  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,09, le pic est marqué dans la station (S4) 56,39  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,71 pendant la saison d'hiver. Alors que le minimum est enregistré dans la station (S1) 11,4  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,09 durant la période estivale (**Fig. 30**).



**Figure 30:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en zinc dans les feuilles adultes de posidonie.

## 4.2 Le cuivre

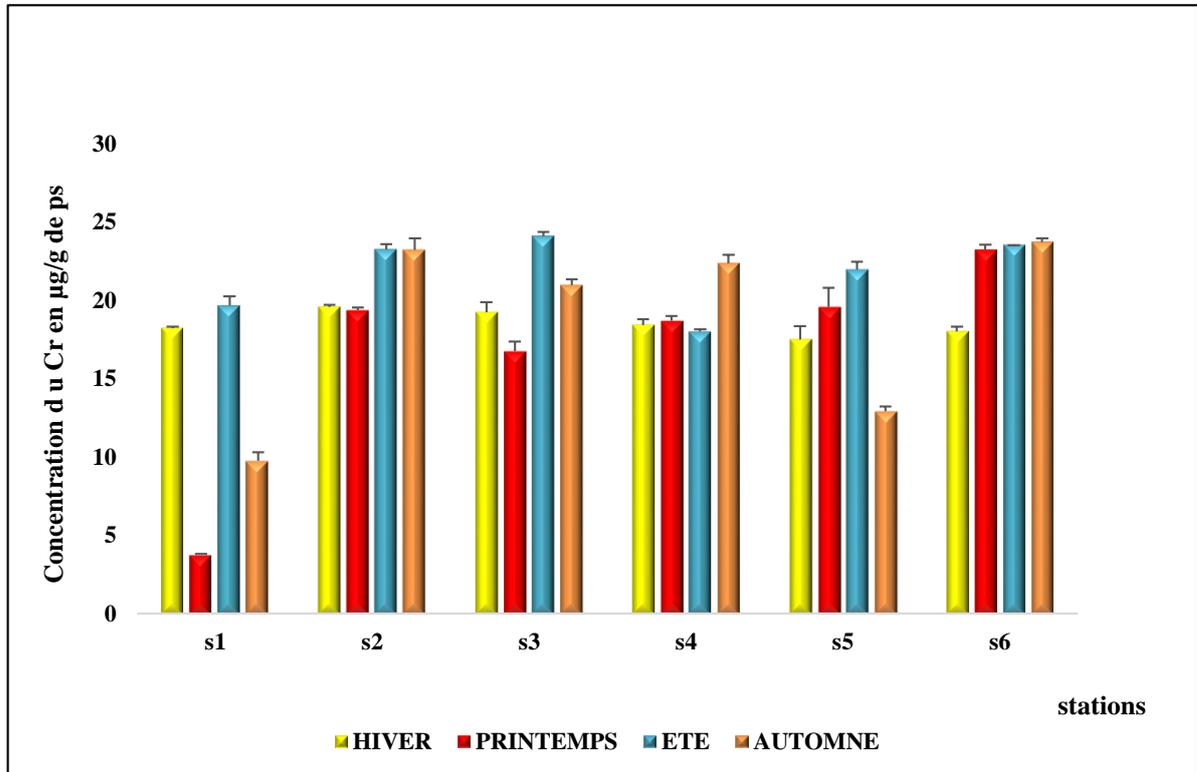
La figure 31 représente les variations des teneurs en cuivre mesurés des feuilles adultes de *P. oceanica* prélevés dans le golfe d'Annaba, les valeurs enregistrées varient entre 9,33  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,02 et 1,13  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,02. Le maximum de l'accumulation de cuivre est enregistré dans la station (S3) 9,33  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,02 dans la période estivale, alors que sa valeur minimale est enregistrée dans la station (S5) 1,13  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,02 dans la saison estivale.



**Figure 31** : Variations Spatio-temporelles des teneurs en cuivre dans les feuilles adultes de posidonie.

### 4.3 chrome

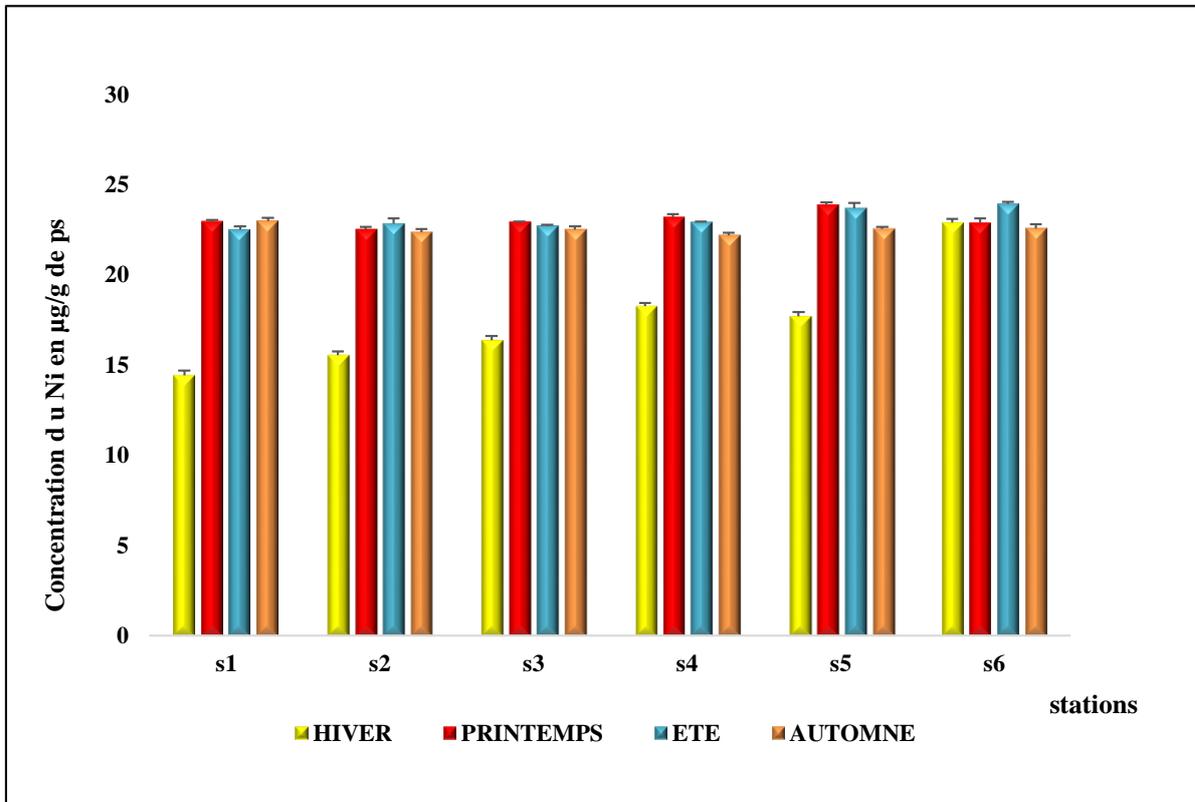
La concentration du chrome dans les feuilles adultes de *P. oceanica* dans le golfe d'Annaba varie dans l'intervalle  $24,08 \mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,3$  et  $3,77 \mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,05$ . Les teneurs en chrome les plus élevées sont enregistrées dans la station (S3)  $24,08 \mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,3$  dans la saison estivale, et une moindre mesure marquée dans la station (S1)  $3,77 \mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,05$  dans la saison de printemps. (Fig. 32).



**Figure 32:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en chrome dans les feuilles adultes de posidonie.

#### 4.4 Le nickel

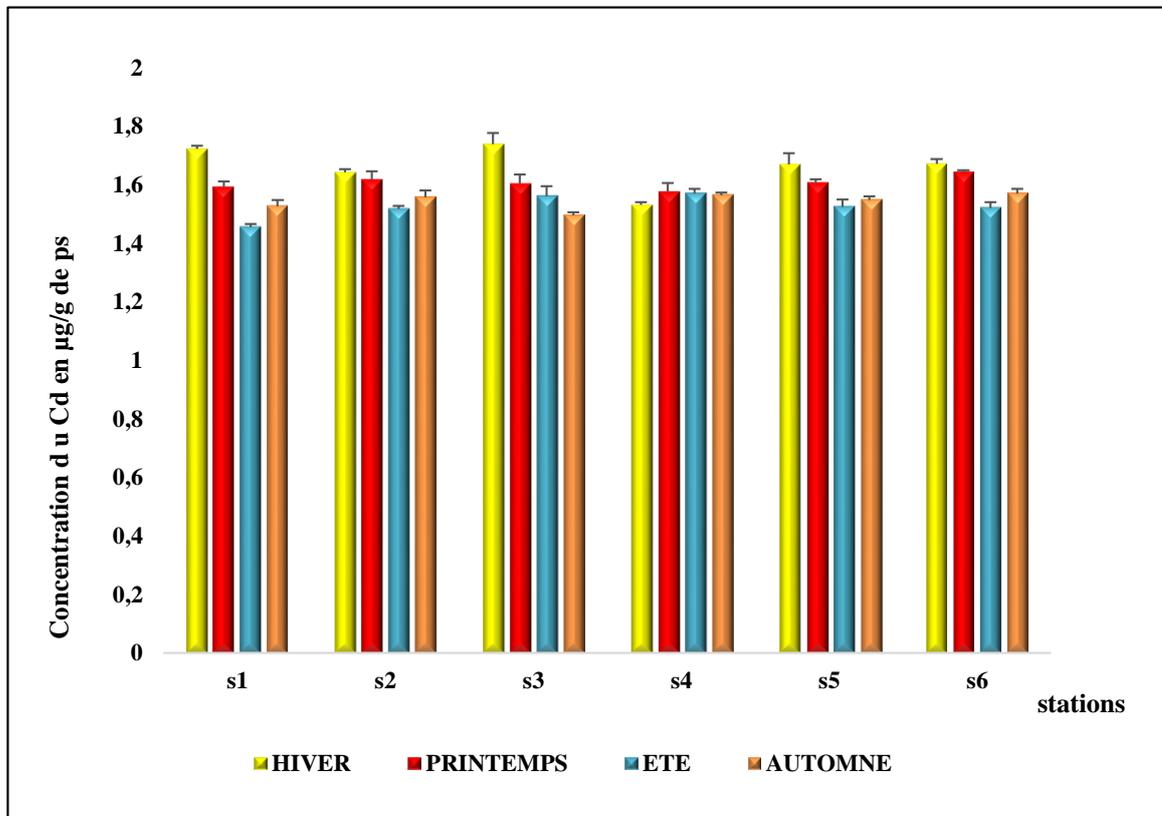
Les teneurs en Nickel dans les feuilles adultes de *P. oceanica* varient entre 23,86  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,14 et 14,42  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,28. Les valeurs maximales sont marquées dans les saisons le printemps, l'été et l'automne par contre des faibles valeurs sont observées dans la saison d'hiver. Le pic est enregistré dans la station (S5) 23,86  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,14 dans la saison de printemps par contre le minimum est enregistrée dans la station (S1) 14,42  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,28 dans la période hivernale (**Fig. 33**).



**Figure 33:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en nickel dans les feuilles adultes de posidonie.

#### 4.5 cadmium

Les teneurs en Cadmium dans les feuilles adultes de *P. oceanica* varient entre 1,74  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,03$  et 1,45  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,009$ . La variation de concentration de cadmium au niveau des stations d'échantillonnage lors de la période d'étude a indiqué une différence assez proche entre les stations et les saisons, le maximum est enregistré dans la station (S3) 1,74  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,03$  dans la période hivernale et le minimum est enregistré dans la station (S1) 1,45  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,009$  dans la période estivale (Fig. 34).

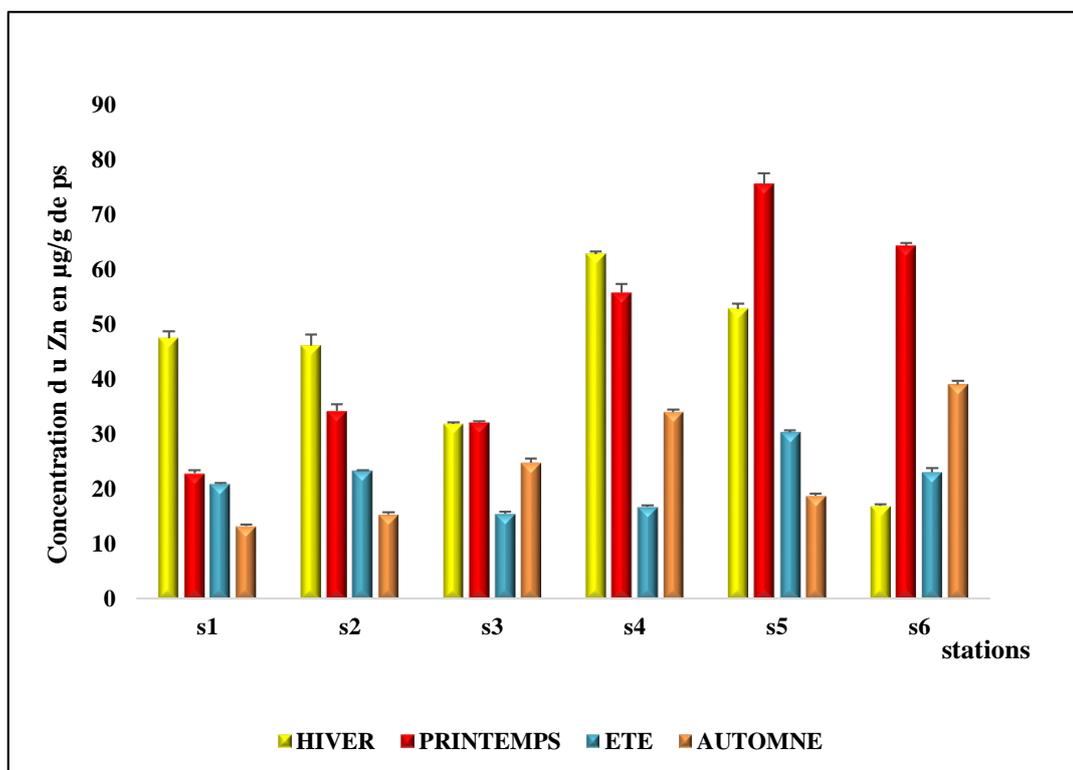


**Figure 34:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en cadmium dans les feuilles adultes de posidonie.

## 5. Les ETM mesurés dans les épiphytes de *P. oceanica*

### 5.1. Le zinc

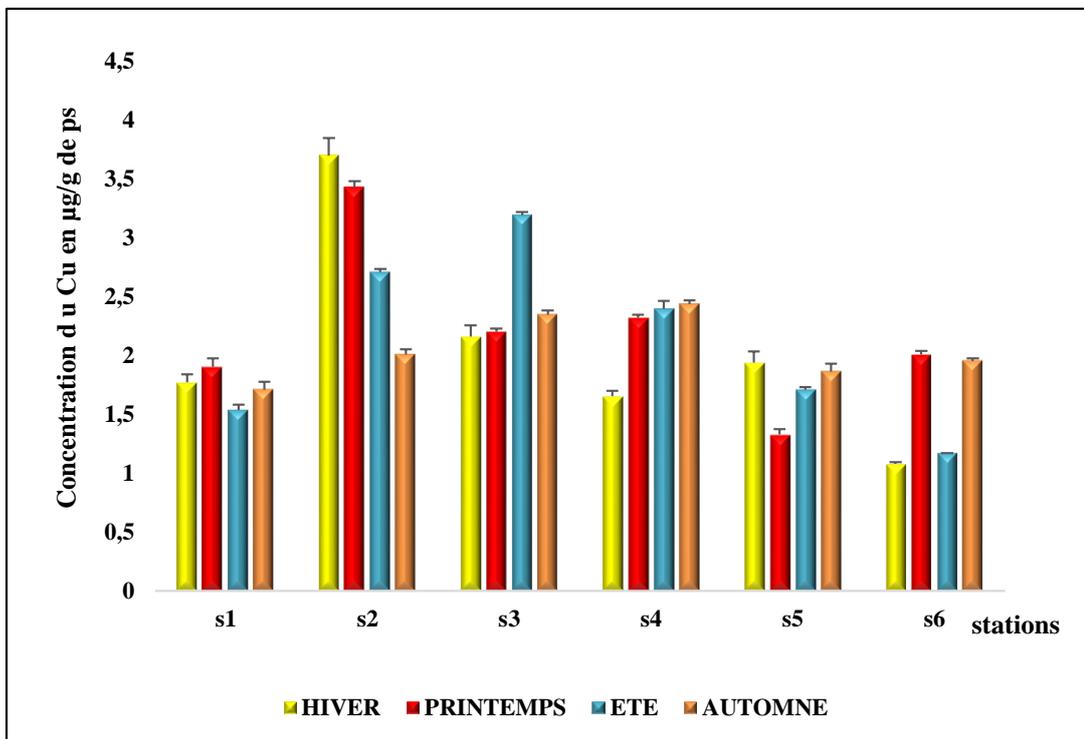
Cette figure représente les variations des teneurs en zinc des épiphytes de *P. oceanica* du golfe d'Annaba, elle varié entre 75,53  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,2$  et 13,23  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,26$ . Le maximum de du zinc est enregistré dans la station (S5) 75,53  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 2$  dans la période printanière, alors que sa valeur minimale est enregistrée dans la station (S1) 13,23  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,26$  dans la période automnale (**Fig. 35**).



**Figure 35:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en zinc dans les épiphytes des feuilles de *P. oceanica*.

## 5.2 Le cuivre

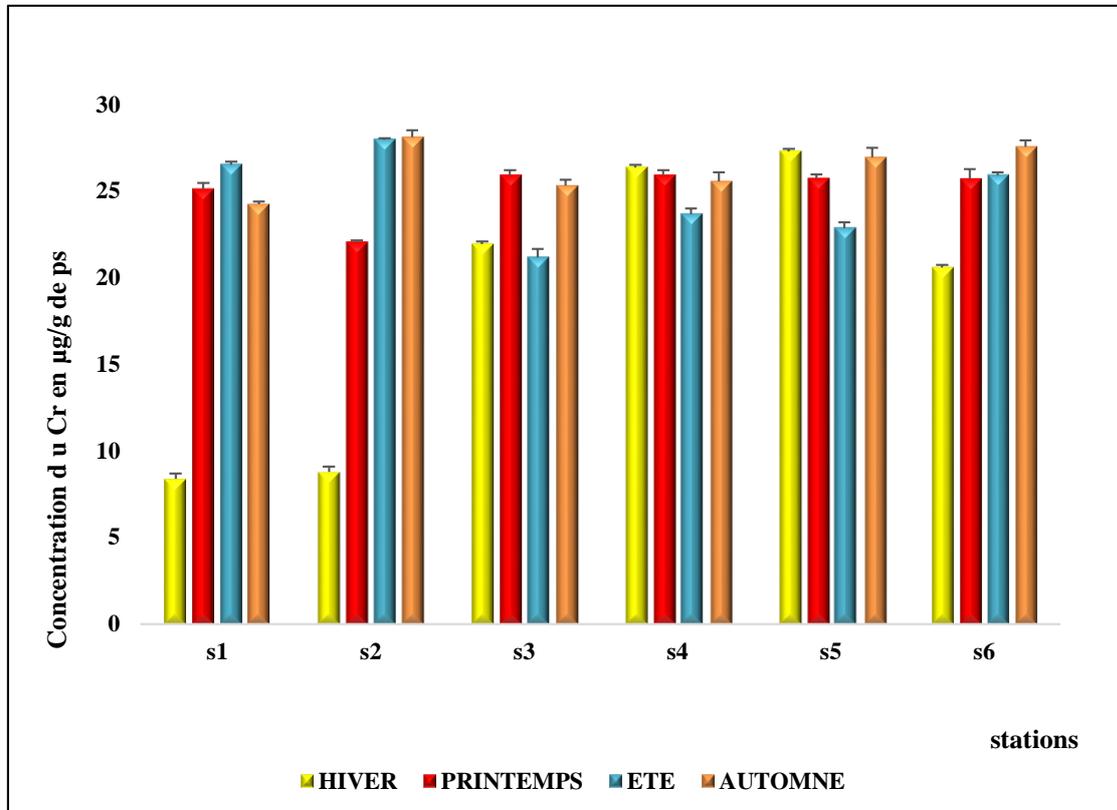
La concentration du cuivre dans les épiphytes des feuilles de *P. oceanica* dans le golfe d'Annaba varient dans l'intervalle de  $3,69 \mu\text{g/g de ps} \pm 0,15$  et  $1,08 \mu\text{g/g de ps} \pm 0,01$ . Les teneurs en cuivre les plus élevées sont enregistrées dans la station (S2)  $3,69 \mu\text{g/g de ps} \pm 0,15$  dans la saison d'hiver, et une moindre mesure marquée dans la station (S6)  $1,08 \mu\text{g/g de ps} \pm 0,01$  dans la saison d'hiver (**Fig. 36**).



**Figure 36 :** Variations Spatio-temporelles des teneurs en cuivre dans les épiphytes des feuilles de *P. oceanica*.

### 5.3. Le chrome

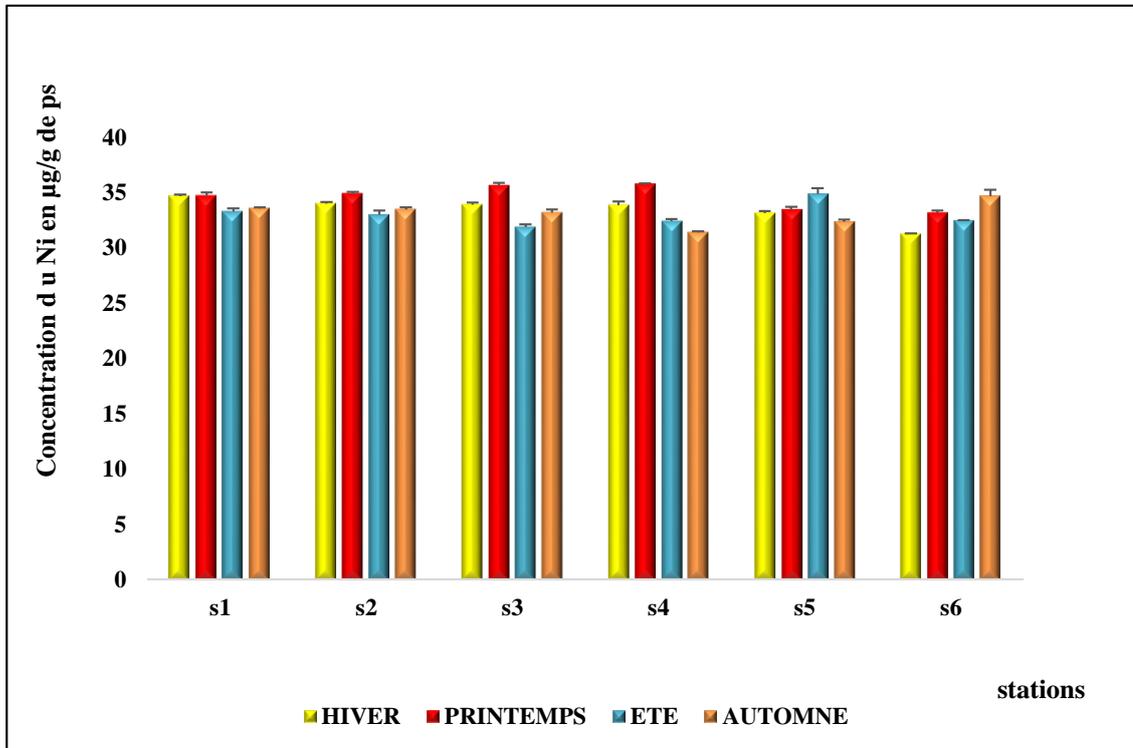
Les teneurs en chrome des épiphytes des feuilles de *P. oceanica* variées entre 28,12  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,4 et 8,38  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,31. Les valeurs maximales sont marquées dans les saisons le printemps, l'été et l'automne par contre des faibles valeurs sont observées dans la saison d'hiver. Le pic est enregistré dans la station (S2) 28,12  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,4 dans la saison d'automne par contre le minimum est enregistrée dans la station (S1) 8,38  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm$  0,31 dans la période hivernale (**Fig. 37**).



**Figure 37:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en chrome dans les épiphytes des feuilles de *P. oceanica*.

#### 5.4 nickel

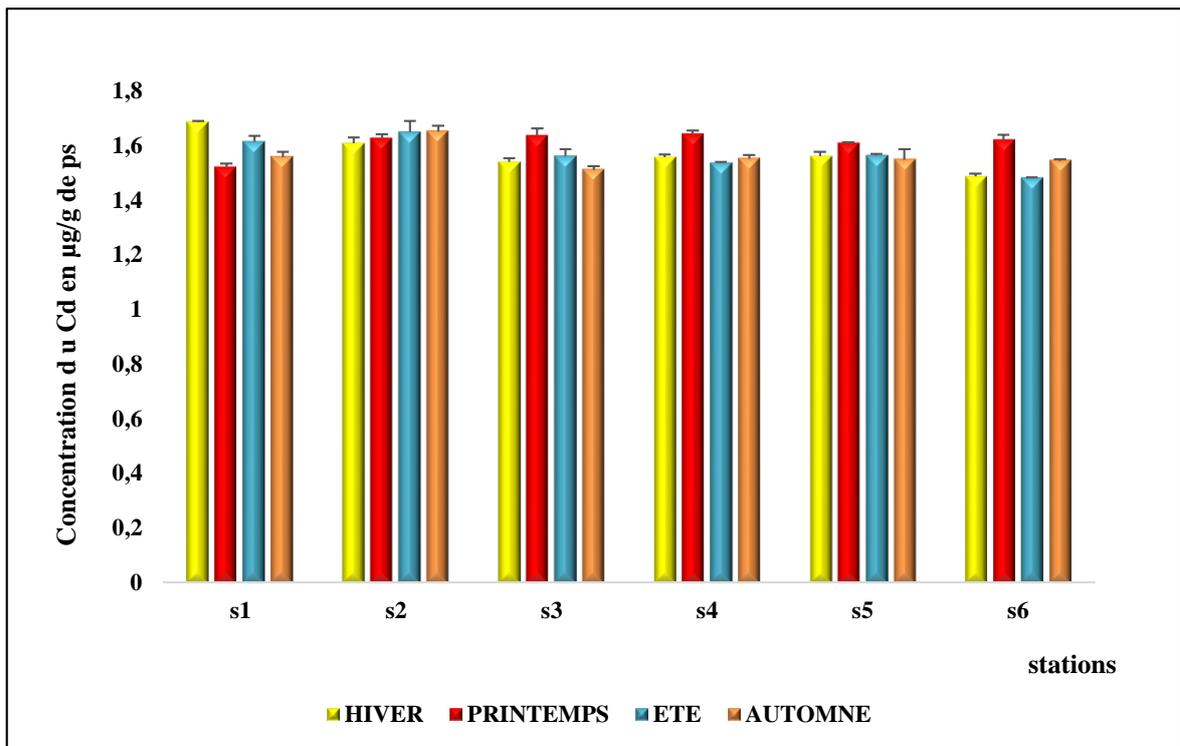
D'une manière générale les épiphytes des feuilles de *P. oceanica* des eaux du golfe d'Annaba ont présentés par une concentration en nickel plus élevé dans les saisons suivantes : printemps, l'été et l'automne contrairement pour la saison d'hiver. Les valeurs enregistrées sont entre 35,75  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,06$  et 31,24  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,08$ . Le pic est marqué dans la station (S4) 35,75  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,06$  dans la saison de printemps alors que le minimum est enregistré dans la station (S6) 31,24  $\mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,08$  dans la période hivernale (**Fig. 38**).



**Figure 38:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en nickel dans les épiphytes des feuilles de *P.oceanica* .

## 5.5 cadmium

Les teneurs en Cadmium des épiphytes des feuilles de *P. oceanica* variées entre  $1,69 \mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,003$  et  $1,48 \mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,003$ . La variation des concentrations de cadmium au niveau des stations d'échantillonnage lors de la période d'étude a indiqué une différence assez proche entre les stations et les stations, le maximum est enregistré dans la station (S1)  $1,69 \mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,003$  dans la période hivernale et le minimum est enregistré dans la station (S6)  $1,48 \mu\text{g/g}$  de ps  $\pm 0,003$  dans la période estivale. (Fig. 39).



**Figure 39:** Variations Spatio-temporelles des teneurs en cadmium dans les épiphytes des feuilles de *P. oceanica*.

## Métaux lourds

### 1 / Effet globale de (saison, station et compartiments) sur le taux global ETM

#### Tests multivariés

Lorsque nous avons étudié l'effet saison sur le taux global des métaux lourds nous avons enregistré des différences très hautement significatives pour les quatre testes utilisés : Trace de Pillai ( $F = 134,33$ ,  $P = 9,3.10^{-11}$ ), Lambda de Wilks ( $F = 375,14$ ,  $P = 7,58.10^{-16}$ ), Trace de Hotelling ( $F = 778,42$ ,  $P = 1,6.10^{-21}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F = 2111,09$ ,  $P = 7,1.10^{-95}$ ), Les saisons agissent significativement sur les taux globaux des métaux lourds dans les différentes stations prospectées (**Tab. 17**).

Les mêmes résultats ont été observés pour l'effet station, nous avons enregistré que le taux des métaux lourds est significativement différent entre les six stations prospectées. L'analyse statistique par la trace de Pillai montre des différences très hautement significatives ( $F = 29,06$ ,  $P = 6,1.10^{-80}$ ), aussi Lambda de Wilks ( $F = 199,61$ ,  $P = 8,5.10^{-18}$ ), Trace de Hotelling ( $F = 466,54$ ,  $P = 1,3.10^{-30}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F = 1769,81$ ,  $P = 7,6.10^{-93}$ ) (**Tab. 17**).

Pour l'effet compartiment, le taux des métaux lourds diffère significativement entre un compartiment et un autre pour les six stations prospectées et durant les quatre saison d'études. L'analyse statistique par la trace de Pillai montre des différences très hautement significatives ( $F = 6356,23$ ,  $P = 3,7.10^{-11}$ ) aussi Lambda de Wilks ( $F = 6356,23$ ,  $P = 3,7.10^{-11}$ ), Trace de Hotelling ( $F = 6356,23$ ,  $P = 3,7.10^{-11}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F = 6356,23$ ,  $P = 3,7.10^{-11}$ ) (**Tab. 17**).

L'intersection (saison\*station) indique aussi des effets très hautement significatifs de ces paramètres sur le taux global des métaux lourds. L'analyse statistique par la trace de Pillai montre des différences très hautement significatives ( $F = 26,28$ ,  $P = 2.10^{-12}$ ) aussi Lambda de Wilks ( $F = 67,19$ ,  $P = 4.10^{-2}$ ), Trace de Hotelling ( $F = 135,49$ ,  $P = 2,2.10^{-26}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F = 372,37$ ,  $P = 5,7.10^{-78}$ ) (**Tab. 17**).

L'intersection (saison\*compartiment) indique aussi les effets très hautement significatifs de ces paramètres sur le taux global des métaux lourds. L'analyse statistique par la trace de Pillai montre des différences très hautement significatives ( $F = 84,29$ ,  $P = 1.10^{-94}$ ) aussi Lambda de Wilks ( $F = 153,84$ ,  $P = 4,1.10^{-11}$ ), Trace de Hotelling ( $F = 214,08$ ,  $P = 6,9.10^{-14}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F = 498,25$ ,  $P = 5,3.10^{-66}$ ) (**Tab. 17**).

L'intersection (station\*compartiment) indique aussi des effets très hautement significatifs de ces paramètres sur le taux global des métaux lourds. L'analyse statistique par la trace de Pillai montre des différences très hautement significatives ( $F = 26,65$ ,  $P = 8,7.10^{-75}$ ) aussi Lambda de Wilks ( $F = 104,37$ ,  $P = 5,3.10^{-14}$ ), Trace de Hotelling ( $F = 239,99$ ,  $P = 6,1.10^{-24}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F = 1063,11$ ,  $P = 2,3.10^{-82}$ ) (**Tab. 17**).

Nous avons enregistré aussi l'intersection des trois facteurs : saison, station et compartiment L'analyse statistique montre aussi des différences très hautement significatives de ces trois paramètres sur le taux global des métaux lourds Trace de Pillai ( $F = 23,19, P = 1,8.10^{-11}$ ), Lambda de Wilks ( $F = 51,18, P = 1,2.10^{-17}$ ), Trace de Hotelling ( $F = 82,85, P = 3,8.10^{-22}$ ), et Plus grande racine de Roy ( $F = 199,65, P = 2,5.10^{-65}$ ) (**Tab. 17**).

**Tableau 17:** Effet globale de (saison, station et compartiments) sur le taux global ETM

Effet		Valeur	F	ddl de l'hypothèse	Erreur ddl	P
<b>Saison</b>	Trace de Pillai	2,63	134,33	15	282	<b>9,27E-119***</b>
	Lambda de Wilks	0,00	375,14	15	254,3728882	<b>7,59E-164***</b>
	Trace de Hotelling	128,78	778,42	15	272	<b>1,57E-213***</b>
	Plus grande racine de Roy	112,29	2111,092 <sup>c</sup>	5	94	<b>7,06E-95***</b>
<b>Station</b>	Trace de Pillai	3,01	29,06	25	480	<b>6,10E-80***</b>
	Lambda de Wilks	0,00	199,61	25	343,2667544	<b>8,47E-188***</b>
	Trace de Hotelling	129,02	466,54	25	452	<b>1,28E-304***</b>
	Plus grande racine de Roy	92,18	1769,817 <sup>c</sup>	5	96	<b>7,60E-93***</b>
<b>Compartiment</b>	Trace de Pillai	1,00	6356,233 <sup>b</sup>	5	92	<b>3,65E-115***</b>
	Lambda de Wilks	0,00	6356,233 <sup>b</sup>	5	92	<b>3,65E-115***</b>
	Trace de Hotelling	345,45	6356,233 <sup>b</sup>	5	92	<b>3,65E-115***</b>
	Plus grande racine de Roy	345,45	6356,233 <sup>b</sup>	5	92	<b>3,65E-115***</b>
<b>Saison * Station</b>	Trace de Pillai	4,02	26,28	75	480	<b>2,04E-128***</b>
	Lambda de Wilks	0,00	67,19	75	444,8819615	<b>4,02E-200***</b>
	Trace de Hotelling	112,41	135,49	75	452	<b>2,23E-266***</b>
	Plus grande racine de Roy	58,18	372,375 <sup>c</sup>	15	96	<b>5,67E-78***</b>
<b>Saison * Compartiment</b>	Trace de Pillai	2,45	84,29	15	282	<b>1,00E-94***</b>
	Lambda de Wilks	0,00	153,84	15	254,3728882	<b>4,10E-118***</b>
	Trace de Hotelling	35,42	214,08	15	272	<b>6,89E-141***</b>
	Plus grande racine de Roy	26,50	498,259 <sup>c</sup>	5	94	<b>5,33E-66***</b>
<b>Station * Compartiment</b>	Trace de Pillai	2,91	26,65	25	480	<b>8,72E-75***</b>
	Lambda de Wilks	0,00	104,37	25	343,2667544	<b>5,29E-144***</b>
	Trace de Hotelling	66,37	239,99	25	452	<b>6,08E-243***</b>
	Plus grande racine de Roy	55,37	1063,113 <sup>c</sup>	5	96	<b>2,25E-82***</b>
<b>Saison * Station * Compartiment</b>	Trace de Pillai	3,92	23,19	75	480	<b>1,82E-118***</b>
	Lambda de Wilks	0,00	51,18	75	444,8819615	<b>1,19E-176***</b>
	Trace de Hotelling	68,74	82,85	75	452	<b>3,83E-221***</b>
	Plus grande racine de Roy	31,20	199,652 <sup>c</sup>	15	96	<b>2,54E-65***</b>

## 2 / Effet de saison, station et compartiments sur chaque Métal

### Tests des effets intersujets

La saison agit significativement sur le taux des différents métaux dans les différentes stations : En effet, elle agit significativement sur le taux de Zinc ( $F = 3055,03$ ,  $P = 4,4.10^{-95}$ ), de chrome ( $F = 282,42$ ,  $P = 1,74.10^{-47}$ ), de cuivre ( $F = 433,32$ ,  $P = 1,19.10^{-55}$ ), de nickel ( $F = 159,05$ ,  $P = 4,06.10^{-37}$ ) et de cadmium ( $F = 38,42$ ,  $P = 2,12.10^{-16}$ ) (**Tab. 18**).

La station agit aussi significativement sur le taux des différents métaux : Sur le Zinc ( $F = 469,33$ ,  $P = 8,33.10^{-66}$ ), sur le chrome ( $F = 239$ ,  $P = 1,55.10^{-52}$ ), sur le cuivre ( $F = 8,85$ ,  $P = 6,12.10^{-07}$ ), sur le nickel ( $F = 1675,91$ ,  $P = 1,01.10^{-91}$ ) et sur le cadmium ( $F = 4,53$ ,  $P = 9,44.10^{-04}$ ) (**Tab. 18**).

Avec l'effet saison et station, le compartiment agit également sur tous les métaux dans les différents compartiments : Zinc ( $F = 122,49$ ,  $P = 7,73.10^{-19}$ ), chrome ( $F = 1564,08$ ,  $P = 3,2.10^{-61}$ ), cuivre ( $F = 30505,92$ ,  $P = 5,54.10^{-12}$ ), nickel ( $F = 1240,40$ ,  $P = 1,07.10^{-56}$ ) et cadmium ( $F = 1,44$ ,  $P = 2,34.10^{-04}$ ). Il faut noter que, exceptionnellement, le compartiment n'agit pas sur le cadmium dans les épiphytes et les feuilles adultes de *P. oceanica* (**Tab. 18**).

L'interaction (saison\*station) agit significativement sur le taux des différents métaux : elle agit significativement sur le taux du Zinc ( $F = 278,47$ ,  $P = 4,75.10^{-72}$ ), sur le chrome ( $F = 86,59$ ,  $P = 7,59.10^{-49}$ ), sur le cuivre ( $F = 20,58$ ,  $P = 1,32.10^{-23}$ ), sur le nickel ( $F = 309,97$ ,  $P = 3,14.10^{-74}$ ) et sur le cadmium ( $F = 7,22$ ,  $P = 2,38.10^{-10}$ ) (**Tab. 18**).

L'interaction (saison\*compartiment) agit significativement sur le taux des différents métaux : Sur le zinc ( $F = 200,27$ ,  $P = 3,51.10^{-58}$ ), le chrome ( $F = 240,39$ ,  $P = 1,69.10^{-44}$ ), le cuivre ( $F = 392,81$ ,  $P = 9,40.10^{-54}$ ), le nickel ( $F = 198,05$ ,  $P = 5,55.10^{-41}$ ), et sur le cadmium ( $F = 23,6$ ,  $P = 1,58.10^{-11}$ ) (**Tab. 18**).

L'interaction (station\*compartiment) agit aussi significativement sur le taux des différents métaux : elle agit sur le taux du le zinc ( $F = 326,6$ ,  $P = 1,3.10^{-58}$ ), du chrome ( $F = 109,94$ ,  $P = 3,79.10^{-38}$ ), du cuivre ( $F = 57,69$ ,  $P = 2,03.10^{-27}$ ), du nickel ( $F = 694,31$ ,  $P = 1,08.10^{-73}$ ), et du cadmium ( $F = 8,77$ ,  $P = 6,97.10^{-07}$ ) (**Tab. 18**).

L'interaction (saison\* station\*compartiment) agit significativement sur le taux des différents métaux : Sur le zinc ( $F = 117,09$ ,  $P = 1,04.10^{-54}$ ), sur le chrome ( $F = 124,52$ ,  $P = 6,43.10^{-56}$ ), sur le cuivre ( $F = 42,07$ ,  $P = 1,85.10^{-35}$ ), sur le nickel ( $F = 142,77$ ,  $P = 1,27.10^{-58}$ ) et sur le cadmium ( $F = 4,74$ ,  $P = 9,42.10^{-07}$ ) (**Tab. 18**).

**Tableau 18:** Effet de saison, station et compartiments sur chaque Métal

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	p
Saison	zinc	15525,891	3	5175,297	3055,03	<i>4,40E-95***</i>
	chrome	436,879	3	145,626	282,43	<i>1,74E-47***</i>
	cuivre	220,323	3	73,441	433,33	<i>1,19E-55***</i>
	Nickel	6,047	3	2,016	159,06	<i>4,06E-37***</i>
	cadmium	0,146	3	0,049	38,42	<i>2,12E-16***</i>
Station	zinc	3975,355	5	795,071	469,34	<i>8,33E-66***</i>
	chrome	616,156	5	123,231	239,00	<i>1,55E-52***</i>
	cuivre	7,503	5	1,501	8,85	<i>6,12E-07***</i>
	Nickel	106,197	5	21,239	1675,92	<i>1,01E-91***</i>
	cadmium	0,029	5	0,006	4,53	<i>9,44E-04***</i>
Compartiment	zinc	207,503	1	207,503	122,49	<i>7,73E-19***</i>
	chrome	806,471	1	806,471	1564,08	<i>3,20E-61***</i>
	cuivre	5170,209	1	5170,209	30505,92	<i>5,54E-122***</i>
	Nickel	15,720	1	15,720	1240,40	<i>1,07E-56***</i>
	cadmium	0,002	1	0,002	1,44	<i>2,34E-01***</i>
Saison * Station	zinc	7076,133	15	471,742	278,47	<i>4,75E-72***</i>
	chrome	669,742	15	44,649	86,59	<i>7,59E-49***</i>
	cuivre	52,339	15	3,489	20,59	<i>1,32E-23***</i>
	Nickel	58,926	15	3,928	309,98	<i>3,14E-74***</i>
	cadmium	0,138	15	0,009	7,23	<i>2,38E-10***</i>
Saison * Compartiment	zinc	1017,772	3	339,257	200,27	<i>3,51E-41***</i>
	chrome	371,856	3	123,952	240,39	<i>1,69E-44***</i>
	cuivre	199,728	3	66,576	392,82	<i>9,40E-54***</i>
	Nickel	7,530	3	2,510	198,05	<i>5,55E-41***</i>
	cadmium	0,090	3	0,030	23,60	<i>1,58E-11***</i>
Station * Compartiment	zinc	2766,344	5	553,269	326,60	<i>1,30E-58***</i>
	chrome	283,454	5	56,691	109,95	<i>3,79E-38***</i>
	cuivre	48,890	5	9,778	57,69	<i>2,03E-27***</i>
	Nickel	43,996	5	8,799	694,31	<i>1,08E-73***</i>
	cadmium	0,056	5	0,011	8,77	<i>6,97E-07***</i>
Saison * Station * Compartiment	zinc	2975,320	15	198,355	117,09	<i>1,04E-54***</i>
	chrome	963,095	15	64,206	124,52	<i>6,43E-56***</i>
	cuivre	106,968	15	7,131	42,08	<i>1,85E-35***</i>
	Nickel	27,141	15	1,809	142,77	<i>1,27E-58***</i>
	cadmium	0,090	15	0,006	4,75	<i>9,42E-07***</i>

### 3 / comparaison saisonnière

#### Différence significative de Tukey

Le taux de zinc est complètement différent entre les quatre saisons, nous avons enregistré des différences très hautement significatives entre le taux du zinc enregistré en hiver, printemps, été et en automne en comparant les quatre saisons ensemble. Le taux de chrome est lui aussi significativement différent entre les quatre saisons ainsi que le taux de cuivre et le taux de nickel et de cadmium (**Tab. 19**), (**Tab. 20**).

**Tableau 19:** comparaison saisonnière du taux de zinc et chrome

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
zinc	Hiver	Printemps	2,6453*	0,307	<b>1,32E-12***</b>	1,84321007	3,44741493
		été	23,0276*	0,307	<b>5,19E-13***</b>	22,2254583	23,8296632
		Automne	20,8706*	0,307	<b>5,19E-13***</b>	20,0685139	21,6727187
	Printemps	Hiver	-2,6453*	0,307	<b>1,32E-12***</b>	-3,44741493	-1,84321007
		été	20,3822*	0,307	<b>5,19E-13***</b>	19,5801458	21,1843507
		Automne	18,2253*	0,307	<b>5,19E-13***</b>	17,4232014	19,0274062
	été	Hiver	-23,0276*	0,307	<b>5,19E-13***</b>	-23,8296632	-22,2254583
		Printemps	-20,3822*	0,307	<b>5,19E-13***</b>	-21,1843507	-19,5801458
		Automne	-2,1569*	0,307	<b>1,80E-09***</b>	-2,95904687	-1,35484202
	Automne	Hiver	-20,8706*	0,307	<b>5,19E-13***</b>	-21,6727187	-20,0685139
		Printemps	-18,2253*	0,307	<b>5,19E-13***</b>	-19,0274062	-17,4232014
		été	2,1569*	0,307	<b>1,80E-09***</b>	1,35484202	2,95904687
chrome	Hiver	Printemps	-2,2906*	0,169	<b>5,19E-13***</b>	-2,7331037	-1,8480595
		été	-4,5226*	0,169	<b>5,19E-13***</b>	-4,96509155	-4,08004734
		Automne	-3,8661*	0,169	<b>5,19E-13***</b>	-4,30862453	-3,42358033
	Printemps	Hiver	2,2906*	0,169	<b>5,19E-13***</b>	1,8480595	2,7331037
		été	-2,2320*	0,169	<b>5,19E-13***</b>	-2,67450995	-1,78946575
		Automne	-1,5755*	0,169	<b>5,45E-13***</b>	-2,01804293	-1,13299873
	été	Hiver	4,5226*	0,169	<b>5,19E-13***</b>	4,08004734	4,96509155
		Printemps	2,2320*	0,169	<b>5,19E-13***</b>	1,78946575	2,67450995
		Automne	,6565*	0,169	<b>1,09E-03***</b>	0,21394491	1,09898912
	Automne	Hiver	3,8661*	0,169	<b>5,19E-13***</b>	3,42358033	4,30862453
		Printemps	1,5755*	0,169	<b>5,45E-13***</b>	1,13299873	2,01804293
		été	-0,6565*	0,169	<b>1,09E-03***</b>	-1,09898912	-0,21394491

**Tableau 20:** comparaison saisonnière du taux de cuivre, nickel et cadmium

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Cuivre	Hiver	Printemps	-3,3175*	0,097	5,19E-13***	-3,57124152	-3,06382792
		été	-2,5413*	0,097	5,19E-13***	-2,79502624	-2,28761264
		Automne	-2,3141*	0,097	5,19E-13***	-2,5677693	-2,0603557
	Printemps	Hiver	3,3175*	0,097	5,19E-13***	3,063827922	3,571241523
		été	0,7762*	0,097	1,76E-11***	0,522508477	1,029922078
		Automne	1,0035*	0,097	5,19E-13***	0,749765422	1,257179023
	été	Hiver	2,5413*	0,097	5,19E-13***	2,287612644	2,795026245
		Printemps	-0,7762*	0,097	1,76E-11***	-1,02992208	-0,52250848
		Automne	0,227256944	0,097	9,58E-02***	-0,02644986	0,480963745
	Automne	Hiver	2,3141*	0,097	5,19E-13***	2,0603557	2,5677693
		Printemps	-1,0035*	0,097	5,19E-13***	-1,25717902	-0,74976542
		été	-0,22725694	0,097	9,58E-02***	-0,48096374	0,026449856
Nickel	Hiver	Printemps	0,4015*	0,027	5,19E-13***	0,332098856	0,470852533
		été	0,043402778	0,027	3,64E-01***	-0,02597406	0,112779616
		Automne	0,4557*	0,027	5,19E-13***	0,386352328	0,525106005
	Printemps	Hiver	-0,4015*	0,027	5,19E-13***	-0,47085253	-0,33209886
		été	-0,3581*	0,027	5,19E-13***	-0,42744975	-0,28869608
		Automne	0,054253472	0,027	1,79E-01***	-0,01512337	0,12363031
	été	Hiver	-0,04340278	0,027	3,64E-01***	-0,11277962	0,02597406
		Printemps	0,3581*	0,027	5,19E-13***	0,288696078	0,427449755
		Automne	0,4123*	0,027	5,19E-13***	0,342949551	0,481703227
	Automne	Hiver	-0,4557*	0,027	5,19E-13***	-0,525106	-0,38635233
		Printemps	-0,05425347	0,027	1,79E-01***	-0,12363031	0,015123366
		été	-0,4123*	0,027	5,19E-13***	-0,48170323	-0,34294955
cadmium	Hiver	Printemps	0,012326389	0,008	4,61E-01***	-0,00962922	0,034281994
		été	0,0720*	0,008	1,51E-12***	0,050093006	0,094004217
		Automne	0,0663*	0,008	2,85E-11***	0,044363839	0,08827505
	Printemps	Hiver	-0,01232639	0,008	4,61E-01***	-0,03428199	0,009629217
		été	0,0597*	0,008	1,22E-09***	0,037766617	0,081677828
		Automne	0,0540*	0,008	2,96E-08***	0,03203745	0,075948661
	été	Hiver	-0,0720*	0,008	1,51E-12***	-0,09400422	-0,05009301
		Printemps	-0,0597*	0,008	1,22E-09***	-0,08167783	-0,03776662
		Automne	-0,00572917	0,008	9,04E-01***	-0,02768477	0,016226439
	Automne	Hiver	-0,0663*	0,008	2,85E-11***	-0,08827505	-0,04436384
		Printemps	-0,0540*	0,008	2,96E-08***	-0,07594866	-0,03203745
		été	0,005729167	0,008	9,04E-01***	-0,01622644	0,027684772

#### 4 / comparaison stations

##### Différence significative de Tukey

Le taux de zinc est significativement différent entre les différentes stations excepté dans la station S2 et la station S6 où on le trouve similaire (P=0,04) (**Tab. 21**).

**Tableau 21:** comparaison stationnelle du taux de zinc

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
zinc	S1	S2	-4,5343*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-5,6269	-3,4417
		S3	-8,4107*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-9,5033	-7,3180
		S4	-15,5791*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-16,6717	-14,4865
		S5	-13,1538*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-14,2464	-12,0611
		S6	-5,6480*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-6,7407	-4,5554
	S2	S1	4,5343*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	3,4417	5,6269
		S3	-3,8764*	0,37572	<b>6,62E-13***</b>	-4,9690	-2,7837
		S4	-11,0448*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-12,1374	-9,9522
		S5	-8,6195*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-9,7121	-7,5268
		S6	-1,1137*	0,37572	<b>0,04*</b>	-2,2064	-0,0211
	S3	S1	8,4107*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	7,3180	9,5033
		S2	3,8764*	0,37572	<b>6,62E-13***</b>	2,7837	4,9690
		S4	-7,1684*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-8,2611	-6,0758
		S5	-4,7431*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-5,8357	-3,6505
		S6	2,7626*	0,37572	<b>9,69E-10***</b>	1,6700	3,8553
	S4	S1	15,5791*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	14,4865	16,6717
		S2	11,0448*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	9,9522	12,1374
		S3	7,1684*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	6,0758	8,2611
		S5	2,4253*	0,37572	<b>6,57E-08***</b>	1,3327	3,5180
		S6	9,9311*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	8,8384	11,0237
	S5	S1	13,1538*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	12,0611	14,2464
		S2	8,6195*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	7,5268	9,7121
		S3	4,7431*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	3,6505	5,8357
		S4	-2,4253*	0,37572	<b>6,57E-08***</b>	-3,5180	-1,3327
S6		7,5057*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	6,4131	8,5984	
S6	S1	5,6480*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	4,5554	6,7407	
	S2	1,1137*	0,37572	<b>0,043*</b>	0,0211	2,2064	
	S3	-2,7626*	0,37572	<b>9,69E-10***</b>	-3,8553	-1,6700	
	S4	-9,9311*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-11,0237	-8,8384	
	S5	-7,5057*	0,37572	<b>6,61E-13***</b>	-8,5984	-6,4131	

Pour le taux de chrome, il est significativement différencié dans toutes les stations excepté les stations S2 et S3 ou il est similaire (p=0,46), la station S2 et S5 (p=0,7), la station S3 et S4 (p=0,26), la station S3 et S5 (p=0,99), et aussi la station S4 et S5 (p=0,11) (**Tab. 22**).

**Tableau 22:** comparaison stationnelle du taux de chrome

Variable dépendante		Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %		
					Borne inférieure	Borne supérieure	
chrome	S1	S2	-4,5898*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	-5,1927	-3,9870
		S3	-4,9658*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	-5,5686	-4,3630
		S4	-5,4150*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	-6,0179	-4,8122
		S5	-4,8861*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	-5,4889	-4,2833
		S6	-6,5658*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	-7,1686	-5,9629
	S2	S1	4,5898*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	3,9870	5,1927
		S3	-0,3760	0,20729	<b>0,46</b>	-0,9788	0,2268
		S4	-0,8252*	0,20729	<b>0,002**</b>	-1,4280	-0,2224
		S5	-0,2962	0,20729	<b>0,7</b>	-0,8990	0,3066
		S6	-1,9759*	0,20729	<b>6,83E-13***</b>	-2,5787	-1,3731
	S3	S1	4,9658*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	4,3630	5,5686
		S2	0,3760	0,20729	<b>0,46</b>	-0,2268	0,9788
		S4	-0,4492	0,20729	<b>0,26</b>	-1,0520	0,1536
		S5	0,0798	0,20729	<b>1</b>	-0,5231	0,6826
		S6	-1,5999*	0,20729	<b>1,67E-10***</b>	-2,2027	-0,9971
	S4	S1	5,4150*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	4,8122	6,0179
		S2	0,8252*	0,20729	<b>0,002**</b>	0,2224	1,4280
		S3	0,4492	0,20729	<b>0,26</b>	-0,1536	1,0520
		S5	0,5290	0,20729	<b>0,12</b>	-0,0738	1,1318
		S6	-1,1507*	0,20729	<b>3,70E-06***</b>	-1,7535	-,5479
	S5	S1	4,8861*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	4,2833	5,4889
		S2	0,2962	0,20729	<b>0,71</b>	-0,3066	,8990
		S3	-0,0798	0,20729	<b>1</b>	-0,6826	,5231
		S4	-0,5290	0,20729	<b>0,12</b>	-1,1318	,0738
S6		-1,6797*	0,20729	<b>2,63E-11***</b>	-2,2825	-1,0769	
S6	S1	6,5658*	0,20729	<b>6,61E-13***</b>	5,9629	7,1686	
	S2	1,9759*	0,20729	<b>6,83E-13***</b>	1,3731	2,5787	
	S3	1,5999*	0,20729	<b>1,67E-10***</b>	0,9971	2,2027	
	S4	1,1507*	0,20729	<b>3,70E-06***</b>	0,5479	1,7535	
	S5	1,6797*	0,20729	<b>2,63E-11***</b>	1,0769	2,2825	

Pour le taux de cuivre, il est similaire dans toutes les stations, exceptée la station S6 où le taux de cuivre est significativement différent comparé avec toutes les autres stations à l'opposé de la station S5 (P=0,17) (Tab. 23).

**Tableau 23:** comparaison stationnelle du taux de cuivre

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
cuivre	S1	S2	0,0570	0,11884	<i>1</i>	-0,2886	0,4026
		S3	-0,0018	0,11884	<i>1</i>	-0,3474	0,3438
		S4	-0,1135	0,11884	<i>0,93</i>	-0,4591	0,2321
		S5	-0,3133	0,11884	<i>0,098</i>	-0,6589	0,0323
		S6	-0,5951*	0,11884	<i>3,63E-05***</i>	-0,9407	-0,2494
	S2	S1	-0,0570	0,11884	<i>1</i>	-0,4026	0,2886
		S3	-0,0589	0,11884	<i>1</i>	-0,4045	0,2868
		S4	-0,1706	0,11884	<i>0,70</i>	-0,5162	0,1750
		S5	-0,3703*	0,11884	<i>0,02*</i>	-0,7159	-0,0247
		S6	-0,6521*	0,11884	<i>4,89E-06***</i>	-0,9977	-0,3065
	S3	S1	0,0018	0,11884	<i>1</i>	-0,3438	0,3474
		S2	0,0589	0,11884	<i>1</i>	-0,2868	0,4045
		S4	-0,1117	0,11884	<i>0,93</i>	-0,4573	0,2339
		S5	-0,3115	0,11884	<i>0,1</i>	-0,6571	0,0341
		S6	-0,5932*	0,11884	<i>3,88E-05***</i>	-0,9388	-0,2476
	S4	S1	0,1135	0,11884	<i>0,93</i>	-0,2321	0,4591
		S2	0,1706	0,11884	<i>0,7</i>	-0,1750	0,5162
		S3	0,1117	0,11884	<i>0,93</i>	-0,2339	0,4573
		S5	-0,1997	0,11884	<i>0,55</i>	-0,5453	0,1459
		S6	-0,4815*	0,11884	<i>0,001**</i>	-0,8271	-0,1359
	S5	S1	0,3133	0,11884	<i>0,098</i>	-0,0323	0,6589
		S2	0,3703*	0,11884	<i>0,03*</i>	0,0247	0,7159
		S3	0,3115	0,11884	<i>0,1</i>	-0,0341	0,6571
		S4	0,1997	0,11884	<i>0,54</i>	-0,1459	0,5453
		S6	-0,2818	0,11884	<i>0,18</i>	-0,6274	0,0638
	S6	S1	0,5951*	0,11884	<i>3,64E-05***</i>	0,2494	0,9407
		S2	0,6521*	0,11884	<i>4,88E-06***</i>	0,3065	0,9977
		S3	0,5932*	0,11884	<i>3,87E-05***</i>	0,2476	0,9388
		S4	0,4815*	0,11884	<i>0,001**</i>	0,1359	0,8271
		S5	0,2818	0,11884	<i>0,18</i>	-0,0638	0,6274

Le taux de nickel est significativement différent entre les différentes stations exceptée la station S5 et la station S6 ou il est similaire (P=0,93) (Tab. 24).

**Tableau 24:** comparaison stationnelle du taux de nickel

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Nickel	S1	S2	-1,2288*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-1,3233	-1,1343
		S3	-2,2298*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-2,3243	-2,1353
		S4	-0,5306*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-,6251	-0,4361
		S5	0,0960*	0,03250	<i>0,04*</i>	0,0015	0,1905
		S6	0,1270*	0,03250	<i>0,002**</i>	0,0324	0,2215
	S2	S1	1,2288*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	1,1343	1,3233
		S3	-1,0010*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-1,0955	-0,9065
		S4	0,6982*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	0,6037	0,7927
		S5	1,3249*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	1,2304	1,4194
		S6	1,3558*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	1,2613	1,4503
	S3	S1	2,2298*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	2,1353	2,3243
		S2	1,0010*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	0,9065	1,0955
		S4	1,6992*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	1,6047	1,7937
		S5	2,3258*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	2,2313	2,4204
		S6	2,3568*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	2,2623	2,4513
	S4	S1	0,5306*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	0,4361	0,6251
		S2	-0,6982*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-0,7927	-0,6037
		S3	-1,6992*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-1,7937	-1,6047
		S5	0,6266*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	0,5321	0,7211
		S6	0,6576*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	0,5630	0,7521
	S5	S1	-0,0960*	0,03250	<i>0,04*</i>	-0,1905	-0,0015
		S2	-1,3249*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-1,4194	-1,2304
		S3	-2,3258*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-2,4204	-2,2313
		S4	-0,6266*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-0,7211	-0,5321
S6		0,0309	0,03250	<i>0,93</i>	-0,0636	0,1254	
S6	S1	-0,1270*	0,03250	<i>0,002*</i>	-0,2215	-0,0324	
	S2	-1,3558*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-1,4503	-1,2613	
	S3	-2,3568*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-2,4513	-2,2623	
	S4	-0,6576*	0,03250	<i>6,61E-13***</i>	-0,7521	-0,5630	
	S5	-0,0309	0,03250	<i>0,93</i>	-0,1254	0,0636	

Le taux de cadmium est similaire dans toutes les stations exceptées la station S2 avec S4 (P=0,0009), et la station S2 avec S6 (p=0,001) (**Tab. 25**).

**Tableau 25:** comparaison stationnelle du taux de cadmium

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Erreur std.	Signification	Intervalle de confiance à 95 %	
						Borne inférieure	Borne supérieure
cadmium	S1	S2	-0,0242	0,01028	<b>0,18</b>	-0,0541	0,0057
		S3	0,0042	0,01028	<b>1</b>	-0,0257	0,0341
		S4	0,0185	0,01028	<b>0,47</b>	-0,0114	0,0484
		S5	0,0057	0,01028	<b>1</b>	-0,0242	0,0356
		S6	0,0172	0,01028	<b>0,55</b>	-0,0127	0,0471
	S2	S1	0,0242	0,01028	<b>0,18</b>	-0,0057	0,0541
		S3	0,0284	0,01028	<b>0,07</b>	-0,0015	0,0583
		S4	0,0427*	0,01028	<b>0,0009***</b>	0,0128	0,0726
		S5	0,0299*	0,01028	<b>0,05*</b>	0,0000	0,0599
		S6	0,0414*	0,01028	<b>0,001**</b>	0,0115	0,0713
	S3	S1	-0,0042	0,01028	<b>1</b>	-0,0341	0,0257
		S2	-0,0284	0,01028	<b>0,073</b>	-0,0583	0,0015
		S4	0,0143	0,01028	<b>0,73</b>	-0,0156	0,0442
		S5	0,0016	0,01028	<b>1</b>	-0,0283	0,0315
		S6	0,0130	0,01028	<b>0,8</b>	-0,0169	0,0429
	S4	S1	-0,0185	0,01028	<b>0,47</b>	-0,0484	0,0114
		S2	-0,0427*	0,01028	<b>0,00098***</b>	-0,0726	-0,0128
		S3	-0,0143	0,01028	<b>0,73</b>	-0,0442	0,0156
		S5	-0,0128	0,01028	<b>0,81</b>	-0,0427	0,0171
		S6	-0,0013	0,01028	<b>1</b>	-0,0312	0,0286
	S5	S1	-0,0057	0,01028	<b>0,99</b>	-0,0356	0,0242
		S2	-0,0299*	0,01028	<b>0,05*</b>	-0,0599	0,0000
		S3	-0,0016	0,01028	<b>1</b>	-0,0315	0,0283
		S4	0,0128	0,01028	<b>0,81</b>	-0,0171	0,0427
S6		0,0115	0,01028	<b>0,87</b>	-0,0185	0,0414	
S6	S1	-0,0172	0,01028	<b>0,55</b>	-0,0471	0,0127	
	S2	-0,0414*	0,01028	<b>0,001**</b>	-0,0713	-0,0115	
	S3	-0,0130	0,01028	<b>0,8</b>	-0,0429	0,0169	
	S4	0,0013	0,01028	<b>1</b>	-0,0286	0,0312	
	S5	-0,0115	0,01028	<b>0,87</b>	-0,0414	0,0185	

## 6. Identification des principales espèces d'épiphytes des herbiers à *P. oceanica*

**Tableau 26:** La variation saisonnière des espèces d'épiphytes des feuilles de *P. océanica* recensées au niveau des six stations d'étude ; S1, S2, S3, S4, S5 et S6. (\*) : Présence ; (case vide) : Absence.

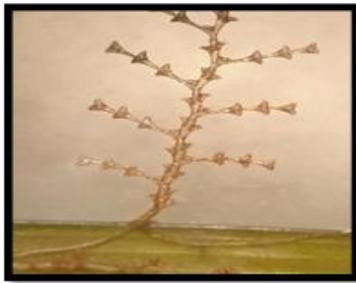
Groupe taxonomique	Nom de l'espèce	L'hiver						Le printemps						L'été						L'automne					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Bryozoaires	<i>Electra posidonia</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Aetea. sp</i>			*					*			*		*			*			*			*		*
	<i>Microporella ciliata</i>	*	*	*	*		*	*			*		*	*							*				
	<i>Schizobrachiella sanguinea</i>																*								
	<i>Lichenopora radiata</i>														*										
Hydrozoaires	<i>Diphasia attenuata</i>	*	*	*	*	*	*				*	*	*					*					*		
	<i>Amphisbetia operculata</i>	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*		*	*	*	*	*		*		*	*	
	<i>Aglaphenoia. Sp</i>						*					*					*		*			*	*		*
Polychètes	<i>Spirorbis corrugatus</i>		*	*				*	*	*	*				*	*	*			*	*	*	*		
Mollusques	<i>Balanus perforatus</i>							*	*	*	*						*								*
	<i>Columbella rustica</i>	*						*	*	*	*		*			*		*						*	
Algue	<i>Valonia utricularis</i>							*																	
	<i>Amphiroa anceps</i>																				*		*		

## 6.1 Épiphytes de l'herbier de la station (S1)



**Figure 40:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P.oceanica* (Photo: habbeche, 2021).

A gauche : *Electra posidonia*, à droite *Microporella ciliata*.



**Figure 41:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).

A gauche : *Diphasia attenuata*, à droite *Amphisbetia operculata*.



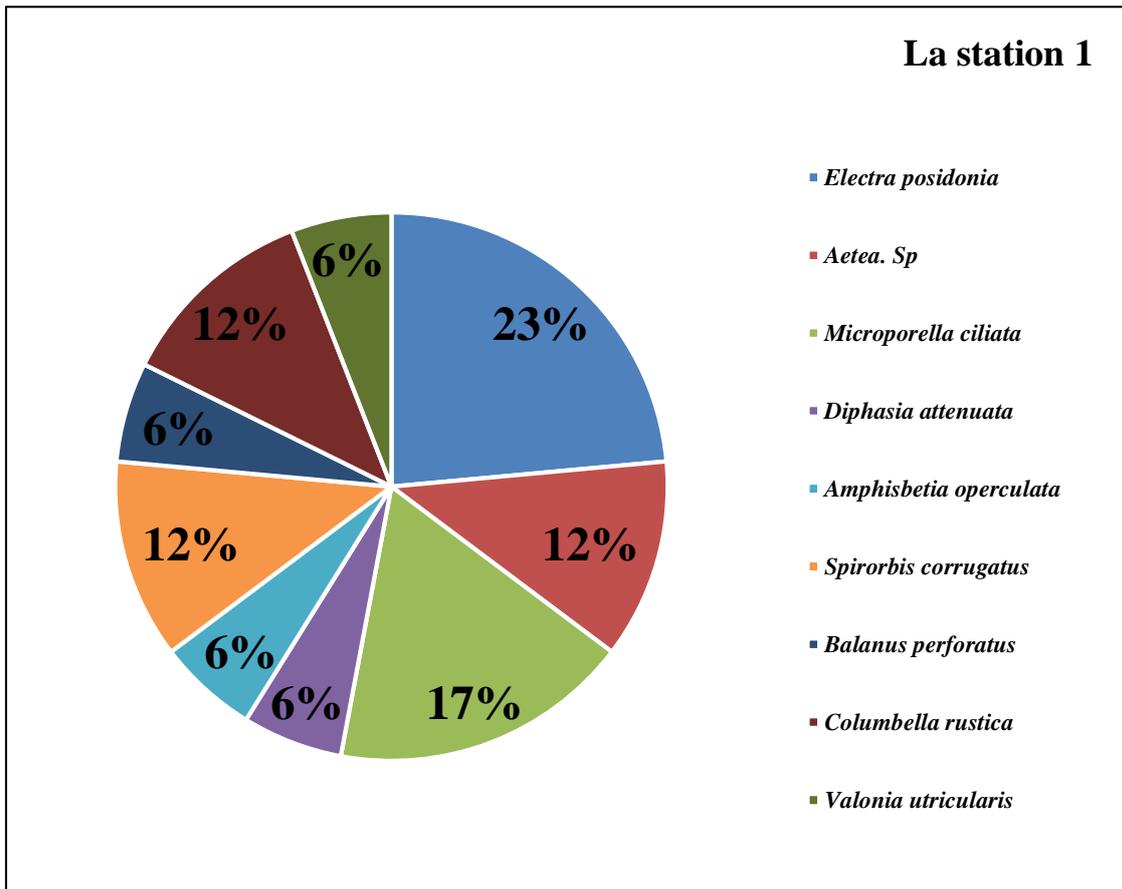
**Figure 42:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).

A gauche : *Spirorbis corrugatus*, à droite *Balanus perforatus*.



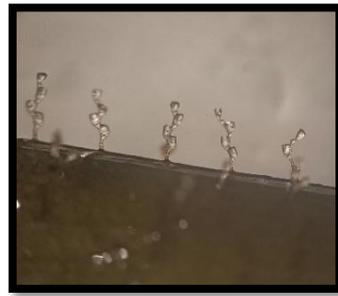
**Figure 43 :** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).

A gauche : *Columbella rustica*, à droite *Valonia utricularis*.



**Figure 44:** Pourcentage des épiphytes dans la station (S1)

## 6.2 Épiphytes de l'herbier de la station (S2)



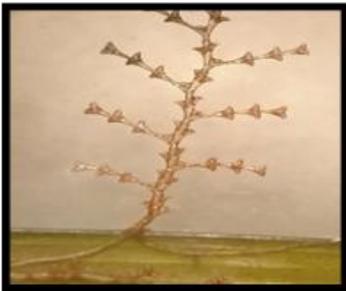
**Figure 45:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche,2021).

A gauche : *Electra posidonia*, à droite : *Aetea. Sp.*



**Figure 46:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P.oceanica* (Photo : habbeche, 2021).

A gauche : *Microporella ciliata*, à droite : *Lichenopora radiata*.



**Figure 47:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).

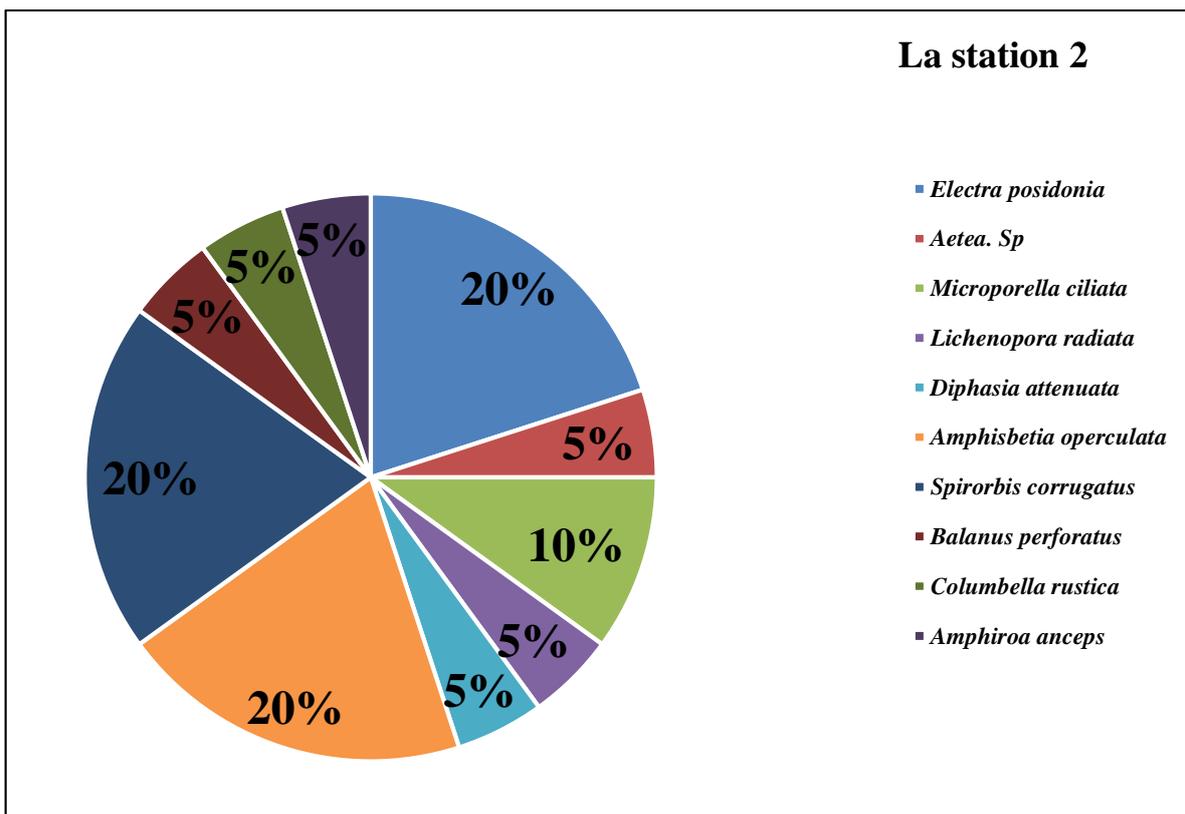
A gauche : *Diphasia attenuata*, à droite *Amphisbetia operculata*.



**Figure 48:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Spirorbis corrugatus*, à droite *Balanus perforatus*.



**Figure 49:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).  
A gauche : *Columbella rustica*, à droite *Amphiroa anceps*.

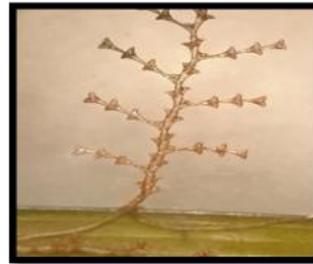


**Figure 50:** Pourcentage des épiphytes dans la station (S2)

### 6.3 Épiphytes de l'herbier de la station (S3)



**Figure 51:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Electra posidonia*, à droite *Aetea. Sp.*



**Figure 52:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Microporellaciliata*, à droite *Diphasia attenuata*.



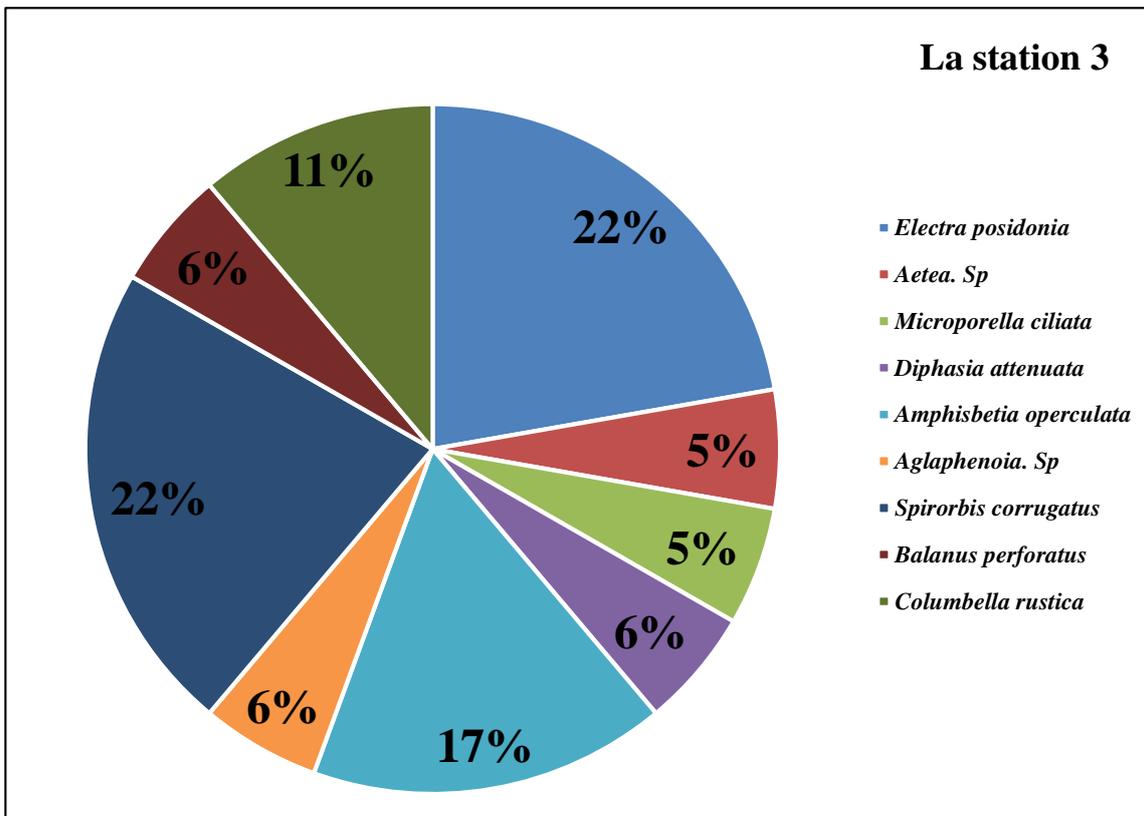
**Figure 53:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).A gauche : *Amphisbetia operculata*, à droite *Aglaphenoia. Sp.*



**Figure 54:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Spirorbis corrugatus*, à droite *Balanus perforatus*.

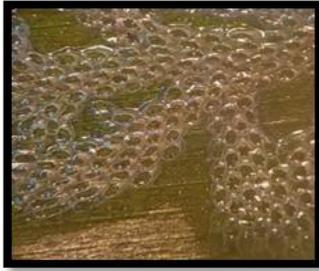


**Figure 55:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). *Columbella rustica*.



**Figure 56:** Pourcentage des épiphytes dans la station (S3)

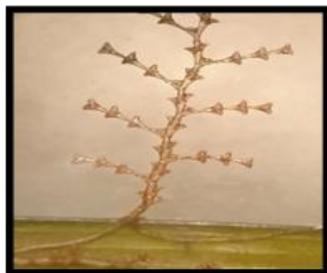
#### 6.4 Épiphytes de l'herbier de la station (S4)



**Figure 57 :** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Electra posidonia*, à droite *Aetea. Sp.*



**Figure 58:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Microporella ciliata*, à droite *Schizobrachiella sanguinea*.



**Figure 59:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Diphasia attenuata*, à droite *Amphisbetia operculata*.



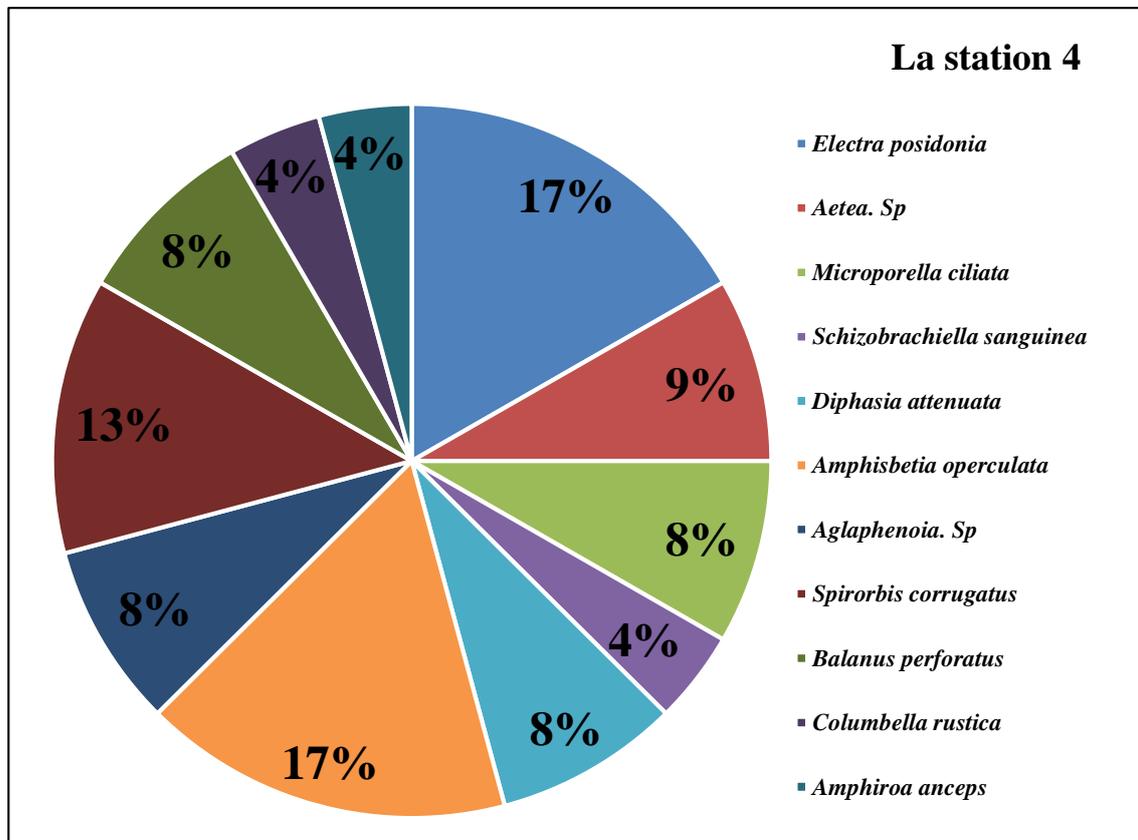
**Figure 60:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Aglaphenoia. Sp*, à droite *Spirorbis corrugatus*.



**Figure 61:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). A gauche : *Balanus perforatus*, à droite *Columbella rustica*.



**Figure 62:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021). *Amphiroa anceps*

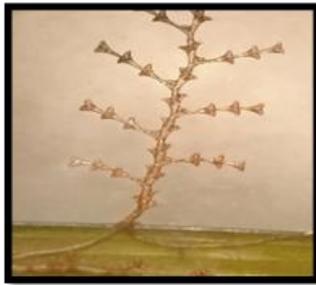


**Figure 63:** Pourcentage des épiphytes dans la station (S4)

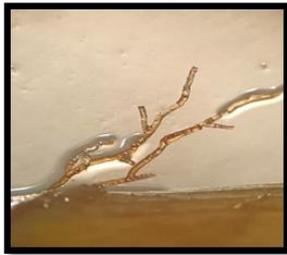
## 6.5 Épiphytes de l'herbier de la station (S5)



**Figure 64:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche A ,2021).A gauche : *Electra posidonia*, à droite *Aetea. Sp.*



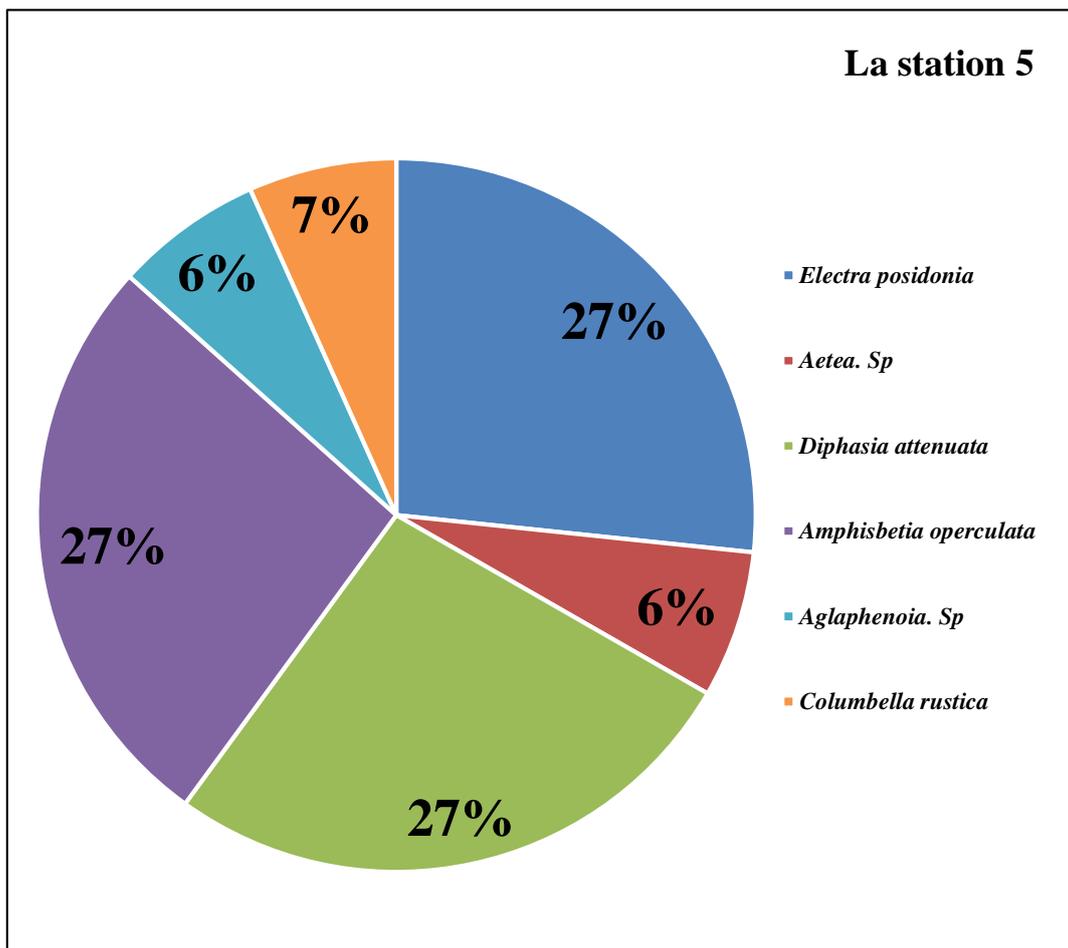
**Figure 65:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche A ,2021).A gauche : *Diphasia attenuata*, à droite *Amphisbetia operculata*.



**Figure 66:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche A ,2021).A gauche : *Aglaphenoia. Sp.*, à droite : *Balanus perforatus*.



**Figure 67:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche A ,2021). *Columbella rustica*.

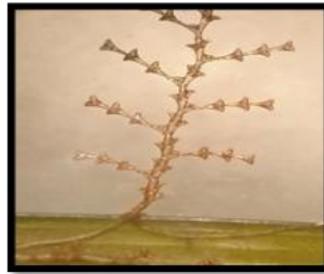


**Figure 68:** Pourcentage des épiphytes dans la station (S5)

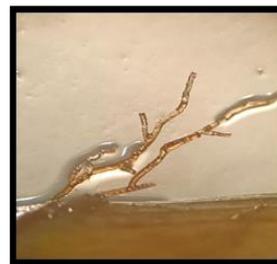
## 6.6 Épiphytes de l'herbier de la station (S6)



**Figure 69:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).A gauche : *Electra posidonia*, à droite *Aetea. Sp.*



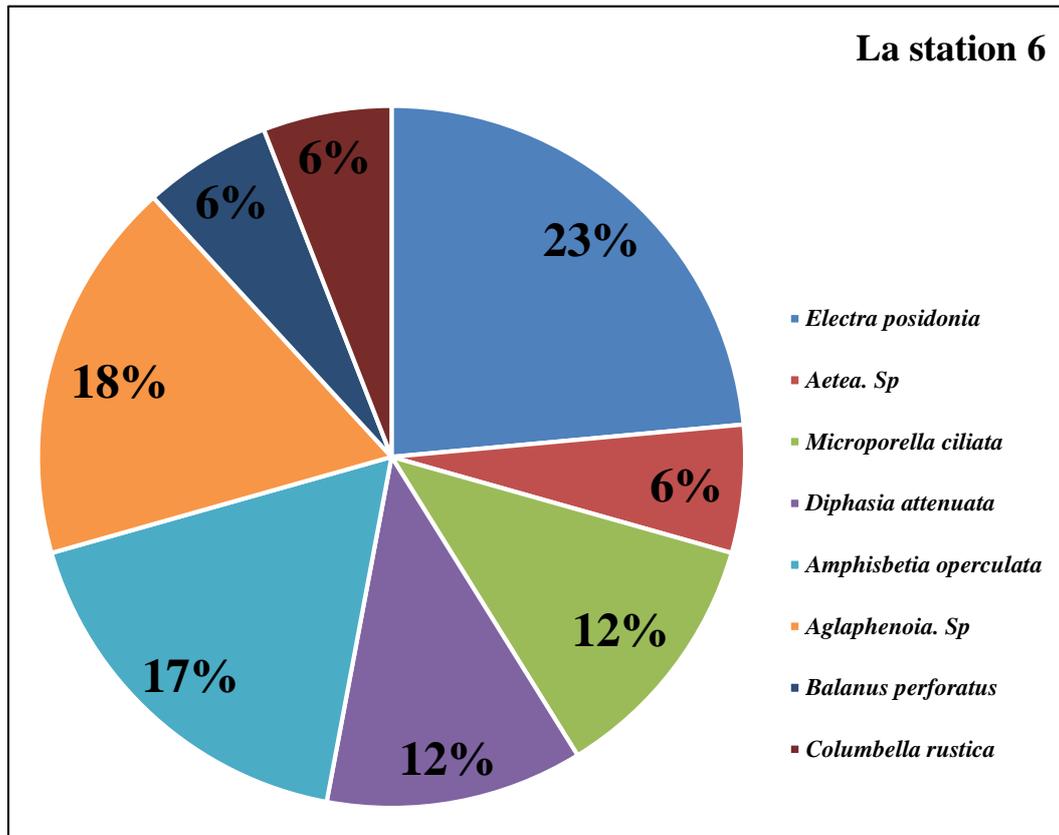
**Figure 70:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).A gauche : *Microporella ciliata*, à droite *Diphasia attenuata*.



**Figure 71:** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).A gauche : *Amphisbetia operculata*, à droite *Aglaphenoia. Sp.*



**Figure 72 :** Epiphytes fixé sur la feuille de *P. oceanica* (Photo : habbeche, 2021).A gauche : *Balanus perforatus*, à droite *Columbella rustica*.



**Figure 73:** Pourcentage des épiphytes dans la station (S6)

**Tableau 27:** La comparaison des types d'épiphytes selon les stations.

Groupe taxonomique	Nom de l'espèce	Stations
Bryozoaires	<i>Electra posidonia</i>	S1, S2, S3, S4, S5, S6
	<i>Aetea. sp</i>	S1, S2, S3, S4, S6
	<i>Microporella ciliata</i>	S1,S2, S3, S4, S6
	<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	S4
	<i>Lichenopora radiata</i>	S2
Hydrozoaires	<i>Diphasia attenuata</i>	S1,S2,S3,S4,S5,S6
	<i>Amphisbetia operculata</i>	S1,S2,S3,S4,S5,S6
	<i>Aglaphenoia. sp</i>	S3,S4,S5,S6
Polychètes	<i>Spirorbis corrugatus</i>	S1,S2,S3,S4
Mollusques	<i>Balanus perforatus</i>	S1,S2,S3,S4,S5,S6
	<i>Columbella rustica</i>	S1,S2,S3,S4,S5,S6
Algue	<i>Valonia utricularis</i>	S1
	<i>Amphiroa anceps</i>	S2,S4

## ✚ Les indices écologiques

### 1/ Les indices écologiques de composition

Durant l'année 2021 nous avons effectué 24 sorties dans les six stations du golfe d'Annaba et nous avons pu identifier 13 espèces (S=13) (**Tab. 28**). La richesse totale des six stations diffère d'une station à une autre, son maximum est marqué dans la station S4, alors que les valeurs de la richesse moyenne sont très proches pour les six stations et son maximum est enregistré dans la station S4.

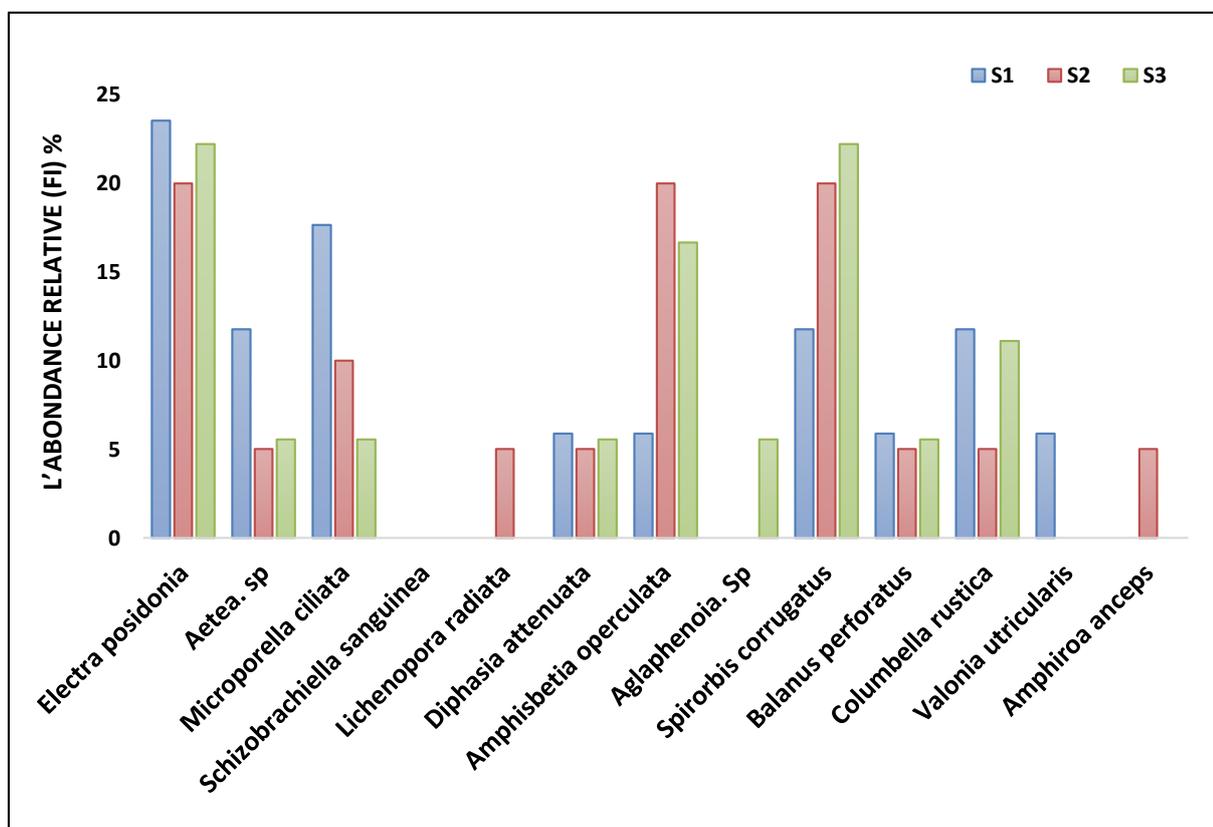
**Tableau 28:** Richesse totale et richesse moyenne dans les six stations du golfe d'Annaba

station	S	S <sub>m</sub>
S1	9	2,25
S2	10	2,5
S3	9	2,25
S4	11	2,75
S5	6	1,5
S6	8	2

Dans la station S1 l'espèce la plus abondante est *Electra posidonia* avec un taux de 23,52 %, suivie par l'espèce *Microporella ciliata* 17,64%, ensuite les trois espèces *Aetea. Sp*, *Spirorbis corrugatus*, et *Columbella rustica* présentant le même pourcentage 11,76%, l'abondance relative (*fi*) est identique pour les espèces *Diphasia attenuata*, *Amphisbetia operculata*, *Balanus perforatus* et *Valonia utricularis* avec une valeur de 5,88% (**Fig. 74**).

Les trois espèces les plus abondantes dans la station S2 sont : *Electra posidonia*, *Amphisbetia operculata* et *Spirorbis corrugatus* avec une valeur de 20%, suivies par l'espèce *Microporella ciliata* 10%, ensuite les espèces : *Aetea. Sp*, *Lichenopora radiata*, *Diphasia attenuata*, *Balanus perforatus*, *Columbella rustica* et *Amphiroa anceps* présentant une faible valeur de 5% (**Fig. 74**).

Pour la station S3, les 2 espèces les plus importantes sont *Electra posidonia* et *Spirorbis corrugatus* avec une valeur de 22,22%, suivie par l'espèce *Amphisbetia operculata* avec 16,66%, ensuite l'espèce *Columbella rustica* 11,11%, puis les espèces les moins répandus dans cette station qui sont : *Aetea. Sp*, *Microporella ciliata*, *Diphasia attenuata*, *Aglaphenoia. Sp*, *Balanus perforatus* avec une valeur de 5,55% (**Fig. 74**).

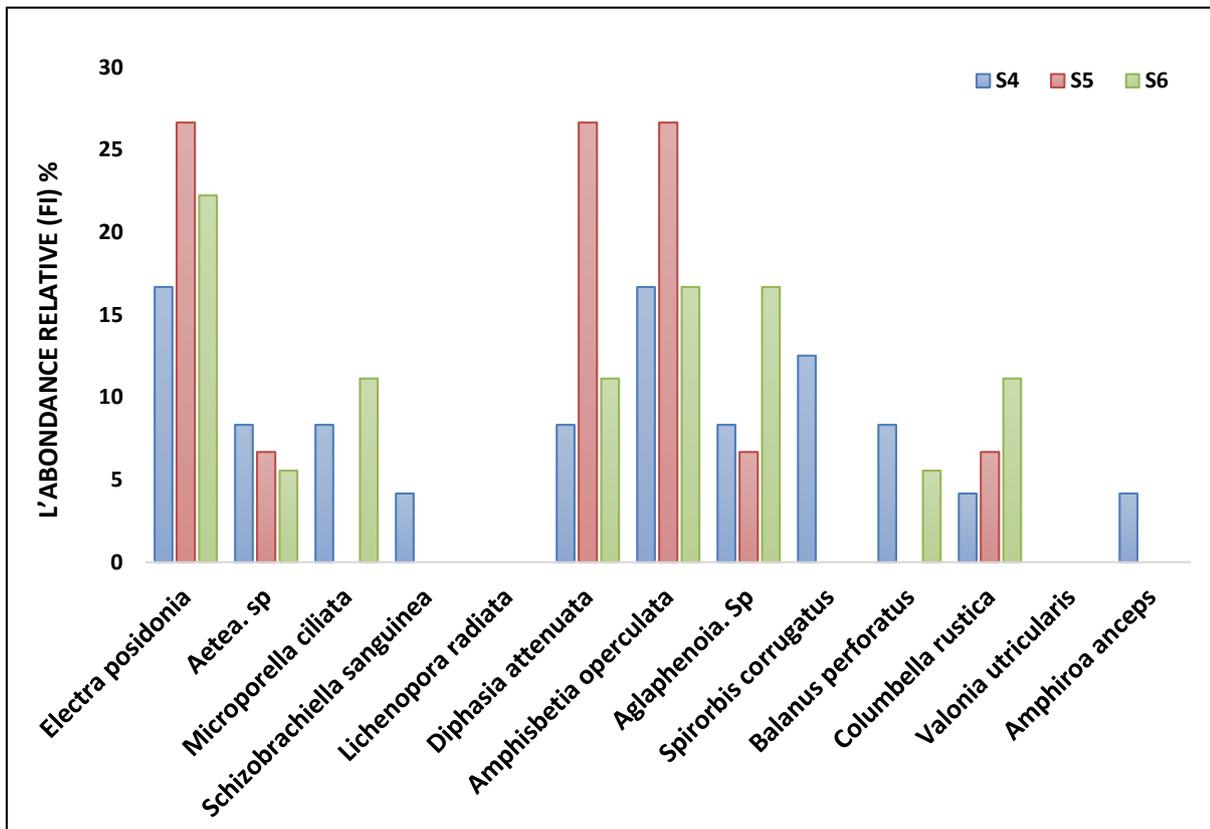


**Figure 74:** Représentation de l'abondance relative (fi) des espèces d'épiphytes récoltés dans les stations S1, S2, S3.

Les deux espèces d'épiphytes les plus répandues dans la station S4 sont : *Electra posidonia* et *Amphisbetia operculata* avec une valeur de 16,66%, suivi par les espèces suivantes : *Aetea. Sp*, *Microporella ciliata*, *Diphasia attenuata*, *Aglaphenoia. Sp* et *Balanus perforatus* avec une valeur de 8,33% ensuite les espèces suivantes : *Schizobrachiella sanguinea*, *Columbella rustica* et *Amphiroa anceps*, l'espèce la moins répandue dans cette station est *Spirorbis corrugatus* avec une valeur de 12,5% (**Fig. 75**).

Dans la station S5 les trois espèces les plus abondantes sont : *Electra posidonia*, *Diphasia attenuata* et *Amphisbetia operculata* avec un taux de 26,66%, suivie par les trois espèces : *Aetea. Sp*, *Aglaphenoia. Sp*, *Columbella rustica* avec une valeur de 6,66% (**Fig. 75**).

Pour la station S6 l'espèce la plus répandue c'est *Electra posidonia* avec une valeur de 22,22%, Suivie par les deux espèces : *Amphisbetia operculata* et *Aglaphenoia. Sp* avec une valeur de 16,66%, ensuite les trois espèces : *Microporella ciliata*, *Diphasia attenuata* et *Columbella rustica* avec un taux de 11,11%, pour les deux espèces les moins répandues dans cette station sont : *Aetea. Sp* et *Balanus perforatus* avec une valeur de 5,55% (**Fig. 75**).



**Figure 75:** l'abondance relative (fi) des espèces d'épiphytes récoltés dans les stations S4, S5, S6.

L'espèce *Electra posidonia* est considérée comme une espèce omniprésente dans toutes les stations du golfe d'Annaba. Pour l'espèce *Aetea. Sp*, c'est une espèce régulière dans les deux stations S1 et S4 et rare pour le reste des stations. Puis pour l'espèce *Microporella ciliata*, c'est une espèce constante dans la station S1 et régulière dans les stations S2, S4 et S6 et rare dans la station S3. L'espèce *Schizobrachiella sanguinea* est considérée comme l'espèce rare seulement dans la station S4. L'espèce *Lichenopora radiata* est une espèce rare dans la station S2. *Diphasia attenuata* est une espèce rare dans les stations S1, S2 et S3 et régulière dans les deux stations S4 et S6 et omniprésente dans la station S5. Pour l'espèce *Amphibetia operculata*, c'est une espèce rare dans la station S1 et omniprésente dans les trois stations S2, S4, S5 et Constante dans les deux stations S3 et S6. (**Tab. 29**). L'espèce *Aglaphenoia. Sp* est une espèce rare dans les deux stations S3 et S5 et régulière dans la station S4 et constante dans la station S6. L'espèce *Spirorbis corrugatus* est une espèce régulière dans la station S1 et omniprésente dans les deux stations S2 et S3 et constante dans la station S4. L'espèce *Balanus perforatus* est une espèce rare dans les stations suivantes : S1, S2, S3, et S6 et c'est une espèce Régulière dans la station dans la station S4. L'espèce *Columbella rustica* est une espèce régulière dans les trois stations S1, S3 et S6 et rare dans les stations S2, S4 et S5. L'espèce *Valonia utricularis* est une espèce rare seulement dans la station S1. Alors que *Amphiroa anceps* est une espèce rare dans les stations S2 et S4 (**Tab. 29**).

**Tableau 29:** Classement des espèces selon leur fréquence d'occurrence (F)

L'espèce	S1		S2		S3		S4		S5		S6	
	F	catégorie										
<i>Electra posidonia</i>	100%	Omniprésente										
<i>Aetea. sp</i>	50%	Régulière	25%	Rare	25%	Rare	50%	Régulière	25%	Rare	25%	Rare
<i>Microporella ciliata</i>	75%	Constante	50%	Régulière	25%	Rare	50%	Régulière	/	/	50%	Régulière
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	/	/	/	/	/	/	25%	Rare	/	/	/	/
<i>Lichenopora radiata</i>	/	/	25%	Rare	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Diphasia attenuata</i>	25%	Rare	25%	Rare	25%	Rare	50%	Régulière	100%	Omniprésente	50%	Régulière
<i>Amphisbetia operculata</i>	25%	Rare	100%	Omniprésente	75%	Constante	100%	Omniprésente	100%	Omniprésente	75%	Constante
<i>Aglaphenoia. Sp</i>	/	/	/	/	25%	Rare	50%	Régulière	25%	Rare	75%	Constante
<i>Spirorbis corrugatus</i>	50%	Régulière	100%	Omniprésente	100%	Omniprésente	75%	Constante	/	/	/	/
<i>Balanus perforatus</i>	25%	Rare	25%	Rare	25%	Rare	50%	Régulière	/	/	25%	Rare
<i>Columbella rustica</i>	50%	Régulière	25%	Rare	50%	Régulière	25%	Rare	25%	Rare	50%	Régulière
<i>Valonia utricularis</i>	25%	Rare	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Amphiroa anceps</i>	/	/	25%	Rare	/	/	25%	Rare	/	/	/	/

## 2/ Les indices écologiques de structure

Dans la station S1 l'indice de Shannon-Weaver est de 2,06 bits ( $1,5 < 2,06 < H_{\max}$ ) alors que l'équitabilité est de 0,94 (proche de 1) ce qui indique que la station S1 est diversifiée et équilibrée (**Tab. 30**). Les mêmes résultats ont été obtenus dans le reste des stations :

S2 avec  $H' = 2,09$  bits et  $E = 0,9$

S3 avec  $H' = 2,01$  bits et  $E = 0,91$

S4 avec  $H' = 2,28$  bits et  $E = 0,95$

S5 avec  $H' = 1,59$  bits et  $E = 0,89$

S6 avec  $H' = 1,98$  bits et  $E = 0,95$

**Tableau 30:** Les valeurs de l'indice de Shannon et l'indice d'Equitabilité.

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>
<b>H'</b>	2,06	2,09	2,01	2,28	1,59	1,98
<b>Hmax</b>	2,19	2,30	2,19	2,39	1,79	2,07
<b>E</b>	0,94	0,9	0,91	0,95	0,89	0,95

### 3/ Phénologie des espèces récoltées

#### La station 1

Le phénogramme des espèces d'épiphytes récoltées dans la station S1 est résumé dans le (tab. 31). Neuf espèces récoltées sont abondantes dans la station S1. L'espèce *Electra posidonia* est la seule présente dans les quatre saisons. Tandis que Certaines espèces disparaissent durant le printemps et l'hiver tel que *Aetea. Sp* ; pour l'espèce *Microporella ciliata*, elle est présente en hiver, printemps et été. Or, ce n'est pas le cas pour la *Spirorbis corrugatus* qui est plus répandu dans la période printanière et automnale. Les deux espèces *Balanus perforatus* et *Valonia utricularis* sont présentes en printemps et la *Columbella rustica* présente en hiver et au printemps. Il existe aussi d'autres espèces qui sont présentes en automne, été et printemps c'est le cas de *Diphasia attenuata* et *Amphisbetia operculata* (Tab. 31).

**Tableau 31:** Phénogramme des espèces recensées dans la station S1

Nom de l'espèce	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Electra posidonia</i>												
<i>Aetea. Sp</i>												
<i>Microporella ciliata</i>												
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>												
<i>Lichenopora radiata</i>												
<i>Diphasia attenuata</i>												
<i>Amphisbetia operculata</i>												
<i>Aglaphenoia. Sp</i>												
<i>Spirorbis corrugatus</i>												
<i>Balanus perforatus</i>												
<i>Columbella rustica</i>												
<i>Valonia utricularis</i>												
<i>Amphiroa anceps</i>												

## La station 2

Le phénogramme des espèces récoltées dans la station S2 révèle que dix espèces récoltées ont une activité annuelle et la majorité apparaissent dans les quatre saisons (12 mois). Les trois espèces *Electra posidonia*, *Spirorbis corrugatus* et *Amphisbetia operculatas* ont trouvées dans les quatre saisons. Certaines espèces apparaissent durant le printemps tel que *Aetea. Sp*, *Balanus perforatus* et *Columbella rustica*. L'espèce *Microporella ciliata* est présente dans les deux périodes hivernale et automnale, alors que l'espèce *Lichenopora radiata* est répandue dans la période estivale et absente dans le reste des périodes. Pour l'espèce *Diphasia attenuata*, elle se manifeste seulement dans la saison d'hiver et *Amphiroa anceps* dans la période automnale (**Tab. 32**).

**Tableau 32:** Phénogramme des espèces recensées dans la station S2

Nom de l'espèce	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Electra posidonia</i>												
<i>Aetea. Sp</i>												
<i>Microporella ciliata</i>												
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>												
<i>Lichenopora radiata</i>												
<i>Diphasia attenuata</i>												
<i>Amphisbetia operculata</i>												
<i>Aglaphenoia. Sp</i>												
<i>Spirorbis corrugatus</i>												
<i>Balanus perforatus</i>												
<i>Columbella rustica</i>												
<i>Valonia utricularis</i>												
<i>Amphiroa anceps</i>												

### La station 3

Le phénogramme des espèces d'épiphytes récoltées dans la station S3 est résumé dans le (Tab. 33). Neuf espèces récoltées sont abondantes dans la station S3. Les deux espèces *Electra posidonia* et *Spirorbis corrugatus* sont présentes dans les 12 mois, trois espèces apparaissent seulement dans la période hivernale c'est le cas d'*Aetea. Sp*, *Microporella ciliata* et *Diphasia attenuata*, alors que l'espèce *Amphisbetia operculata* est présente dans les trois saisons l'hiver, printemps et l'été et l'espèce *Aglaphenoia. Sp* est présente seulement dans la période automnale tandis que *Balanus perforatus* est présente dans la période printanière, l'espèce *Columbella rustica* est réponde dans les deux périodes printanière et estivale (Tab. 33).

**Tableau 33:** Phénogramme des espèces recensées dans la station S3

Nom de l'espèce	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Electra posidonia</i>												
<i>Aetea. Sp</i>												
<i>Microporella ciliata</i>												
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>												
<i>Lichenopora radiata</i>												
<i>Diphasia attenuata</i>												
<i>Amphisbetia operculata</i>												
<i>Aglaphenoia. Sp</i>												
<i>Spirorbis corrugatus</i>												
<i>Balanus perforatus</i>												
<i>Columbella rustica</i>												
<i>Valonia utricularis</i>												
<i>Amphiroa anceps</i>												

#### **La station 4**

Le phénogramme des espèces d'épiphytes récoltées dans la station S4 est résumé dans le (Tab. 34).

Onze espèces récoltées sont abondantes dans la station S4. Les deux espèces *Electra posidonia* et *Amphisbetia operculata* sont présentes tout le long de l'année. Les deux espèces *Aetea. Sp* et *Aglaphenoia. Sp* apparaissent dans la période estivale et la période automnale et les deux espèces *Microporella ciliata*, *Diphasia attenuata* sont marquées dans les deux saisons hiver et printemps. L'espèce *Schizobrachiella sanguinea* est présente dans la période estivale tandis que *Columbella rustica* est présente dans la période printanière et *Amphiroa anceps* dans la période automnale, l'espèce *Spirorbis corrugatus* est répandu dans les trois saisons printemps, été et automne et l'espèce *Balanus perforatus* dans les deux périodes printanière et estivale (Tab. 34).

**Tableau 34:** Phénogramme des espèces recensées dans la station S4

Nom de l'espèce	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Electra posidonia</i>												
<i>Aetea. Sp</i>												
<i>Microporella ciliata</i>												
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>												
<i>Lichenopora radiata</i>												
<i>Diphasia attenuata</i>												
<i>Amphisbetia operculata</i>												
<i>Aglaphenoia. Sp</i>												
<i>Spirorbis corrugatus</i>												
<i>Balanus perforatus</i>												
<i>Columbella rustica</i>												
<i>Valonia utricularis</i>												
<i>Amphiroa anceps</i>												

### La station 5

Le phénogramme des espèces d'épiphytes récoltées dans la station S5 est résumé dans le (Tab. 35). Six espèces récoltées sont abondantes dans la station S5. Les trois espèces *Electra posidonia*, *Diphasia attenuata* et *Amphisbetia operculata* sont présentes dans les 12 mois, les deux espèces *Aetea. Sp* et *Aglaphenoia. Sp* apparaissent dans la période printanière et l'espèce *Columbella rustica* dans la période estivale (Tab. 35).

**Tableau 35:** Phénogramme des espèces recensées dans la station S5

Nom de l'espèce	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Electra posidonia</i>												
<i>Aetea. Sp</i>												
<i>Microporella ciliata</i>												
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>												
<i>Lichenopora radiata</i>												
<i>Diphasia attenuata</i>												
<i>Amphisbetia operculata</i>												
<i>Aglaphenoia. Sp</i>												
<i>Spirorbis corrugatus</i>												
<i>Balanus perforatus</i>												
<i>Columbella rustica</i>												
<i>Valonia utricularis</i>												
<i>Amphiroa anceps</i>												

### **La station 6**

Le phénogramme des espèces d'épiphytes récoltées dans la station S6 est résumé dans le (Tab. 36). Huit espèces récoltées sont abondantes dans la station S6. L'espèce *Electra posidonia* est présente dans les quatre saisons. Les deux espèces *Aetea. Sp* et *Balanus perforatus* sont présentes dans la saison d'automne, alors que *Microporella ciliata* et *Diphasia attenuata* dans les deux saisons hivernale et printanière. L'espèce *Amphisbetia operculata* est répandue dans les trois saisons hiver, printemps et été. Pour l'espèce *Aglaphenoia. Sp*, elle est présente en hiver été et automne. Or, l'espèce *Columbella rustica* apparaît en printemps et automne (Tab. 36)

**Tableau 36:** Phénogramme des espèces recensées dans la station S6

Nom de l'espèce	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Electra posidonia</i>												
<i>Aetea. Sp</i>												
<i>Microporella ciliata</i>												
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>												
<i>Lichenopora radiata</i>												
<i>Diphasia attenuata</i>												
<i>Amphisbetia operculata</i>												
<i>Aglaphenoia. Sp</i>												
<i>Spirorbis corrugatus</i>												
<i>Balanus perforatus</i>												
<i>Columbella rustica</i>												
<i>Valonia utricularis</i>												
<i>Amphiroa anceps</i>												

## 7. Variations des paramètres phénologiques

### A/ Le nombre moyen des feuilles par faisceau

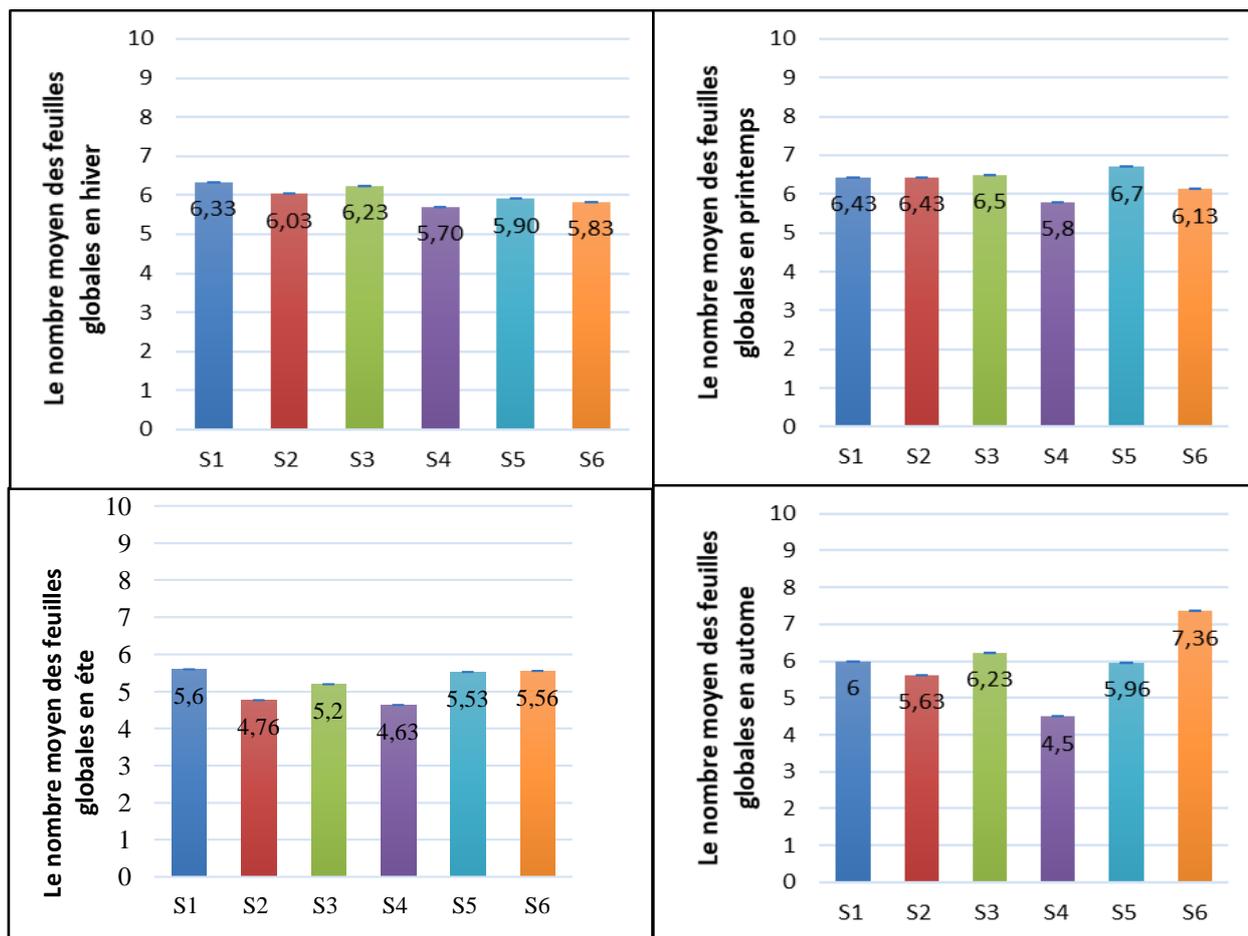
Le nombre moyen des feuilles globales par faisceau atteint 7,36 dans la station (S6), tandis que la valeur minimale atteint 4,5 dans la station (S4), les deux valeurs sont marquées en automne (**Tab. 37**). Pour le nombre moyen des feuilles adultes on remarque que les valeurs les plus élevées sont celles récupérées en période automnal dans la station (S6)  $4,33\pm 0,12$  alors que les moins élevées sont enregistrées dans la station (S4)  $1,93\pm 0,13$  en période hivernale (**Tab. 37**). En revanche, le nombre moyen des feuilles intermédiaires reste relativement faible par rapport à celui des feuilles adultes quel que soit la période et le site considéré de sorte que les valeurs sont comprises entre  $1,53\pm 0,14$  dans la station (S6) en été et  $4,07\pm 0,12$  dans la station (S1) en hiver (**Tab. 37**). Pour les feuilles juvéniles la variation saisonnière de leur nombre moyen par faisceau pour l'ensemble des stations est : un maximum enregistré en été dans la station (S1)  $2\pm 0,27$  et un minimum enregistré en printemps au niveau de la station (S1)  $0,23\pm 0,09$  (**Tab. 37**).

**Tableau 37** : Le nombre moyen des feuilles de *P.oceanica* au niveau des stations étudiées

Saisons	Stations	Le nombre moyen des feuilles adultes	Le nombre moyen des feuilles Intermédiaires	Le nombre moyen des feuilles juvéniles	Le nombre moyen des feuilles globales
Hiver	S1	$2,27\pm 0,12$	$4,07\pm 0,12$	$0,47\pm 0,09$	6,33
	S2	$2,07\pm 0,13$	$3,97\pm 0,19$	$0,40\pm 0,10$	6,03
	S3	$2,30\pm 0,15$	$3,93\pm 0,14$	$0,43\pm 0,11$	6,23
	S4	$1,93\pm 0,13$	$3,77\pm 0,10$	$0,50\pm 0,10$	5,70
	S5	$2,80\pm 0,14$	$3,10\pm 0,11$	$0,27\pm 0,09$	5,90
	S6	$2,17\pm 0,11$	$3,67\pm 0,09$	$0,30\pm 0,10$	5,83
Printemps	S1	$3,47\pm 0,12$	$2,97\pm 0,13$	$0,23\pm 0,09$	6,43
	S2	$3,06\pm 0,17$	$3,37\pm 0,20$	$0,70\pm 0,17$	6,43
	S3	$3,40\pm 0,17$	$3,10\pm 0,22$	$0,70\pm 0,14$	6,50
	S4	$2,57\pm 0,13$	$3,23\pm 0,12$	$0,60\pm 0,18$	5,80
	S5	$3,13\pm 0,15$	$3,57\pm 0,15$	$0,37\pm 0,11$	6,70
	S6	$3,33\pm 0,16$	$2,80\pm 0,17$	$1,03\pm 0,13$	6,13
Eté	S1	$3,73\pm 0,13$	$1,87\pm 0,09$	$2,00\pm 0,27$	5,60
	S2	$3,10\pm 0,10$	$1,67\pm 0,10$	$1,30\pm 0,08$	4,76
	S3	$3,13\pm 0,10$	$2,07\pm 0,09$	$1,10\pm 0,07$	5,20
	S4	$3,00\pm 0,09$	$1,63\pm 0,01$	$0,90\pm 0,07$	4,63
	S5	$3,93\pm 0,13$	$1,60\pm 0,09$	$1,23\pm 0,08$	5,53
	S6	$4,03\pm 0,13$	$1,53\pm 0,14$	$1,50\pm 0,11$	5,56
Automne	S1	$2,93\pm 0,13$	$3,07\pm 0,09$	$0,93\pm 0,06$	6,00
	S2	$2,67\pm 0,13$	$2,97\pm 0,11$	$0,93\pm 0,05$	5,63
	S3	$3,07\pm 0,13$	$3,17\pm 0,10$	$0,97\pm 0,06$	6,23
	S4	$2,00\pm 0,07$	$2,50\pm 0,09$	$0,90\pm 0,05$	4,50
	S5	$3,13\pm 0,10$	$2,83\pm 0,10$	$0,93\pm 0,08$	5,96
	S6	$4,33\pm 0,12$	$3,03\pm 0,09$	$0,67\pm 0,09$	7,36

### 7.1 Le nombre moyen des feuilles globales par faisceau

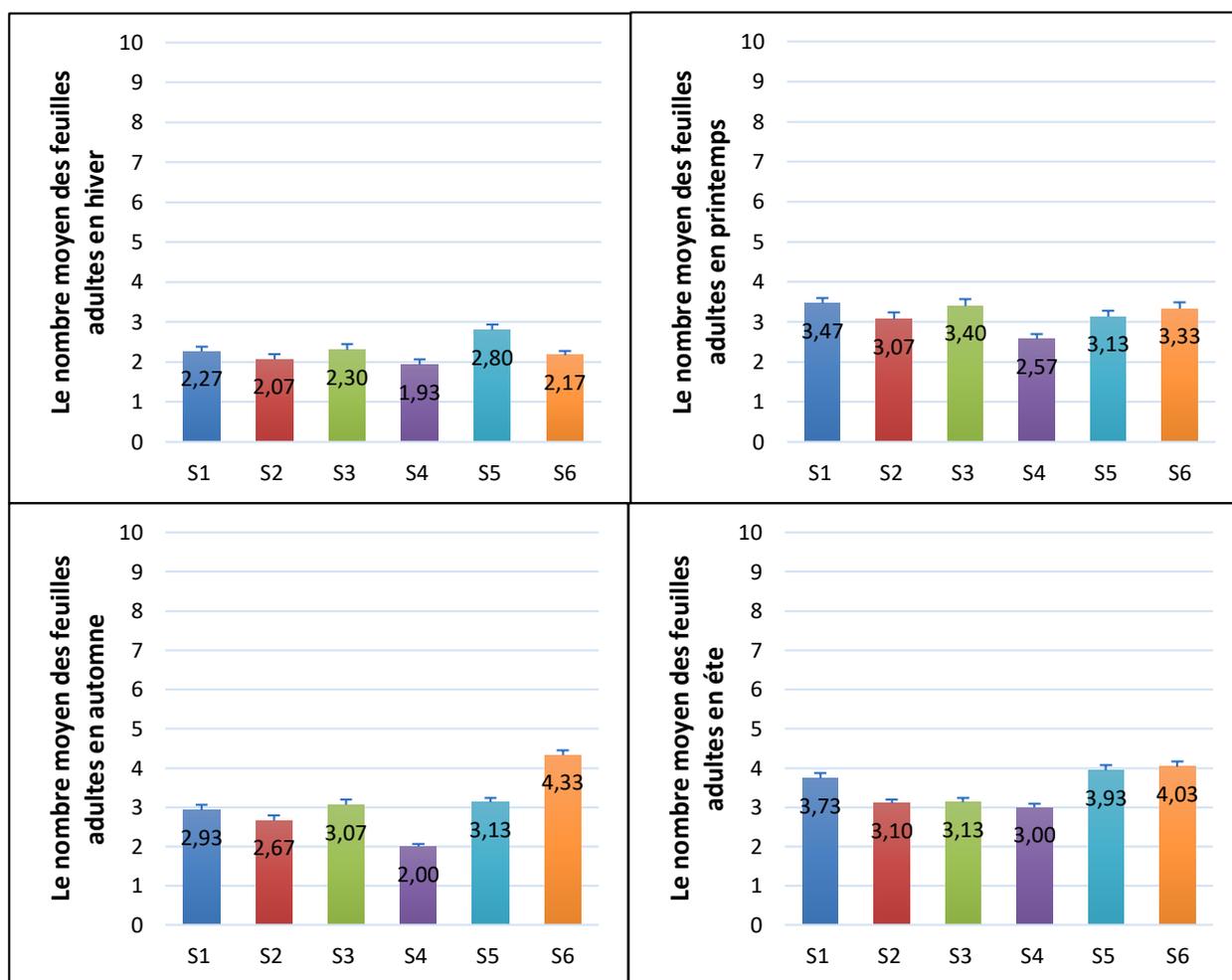
Durant l'hiver, on observe que le nombre moyen des feuilles globales est élevé dans la station (S1)  $6,33 \pm 0$ , tandis que la basse valeur est enregistrée dans la station (S4)  $5,70 \pm 0$ . Durant la période printanière, on observe que ce paramètre atteint son maximum au niveau de la station (S5)  $6,7 \pm 0$ , Alors que le minimum est enregistré dans la station (S4)  $5,8 \pm 0$ . Pendant l'été, le nombre moyen des feuilles globales le plus élevé est marquée dans la station (S1) à  $5,6 \pm 0$ , en revanche le minimum est enregistré dans la station (S4)  $4,63 \pm 0$ . Au cours de la saison d'automne, le maximale de ce paramètre est  $7,36 \pm 0$  marquée au niveau de la station (S6), tandis que le minimum  $4,5 \pm 0$  est enregistré dans la station (S4). La valeur maximale de ce paramètre des quatre saisons est enregistrée dans la période automnale dans la station (S6), et minimale dans la station (S4) dans la période automnale aussi (**Fig. 76**).



**Figure 76:** Variation saisonnière du nombre moyen des feuilles globales de posidonie.

## 7.2 Le nombre moyen des feuilles adultes par faisceau

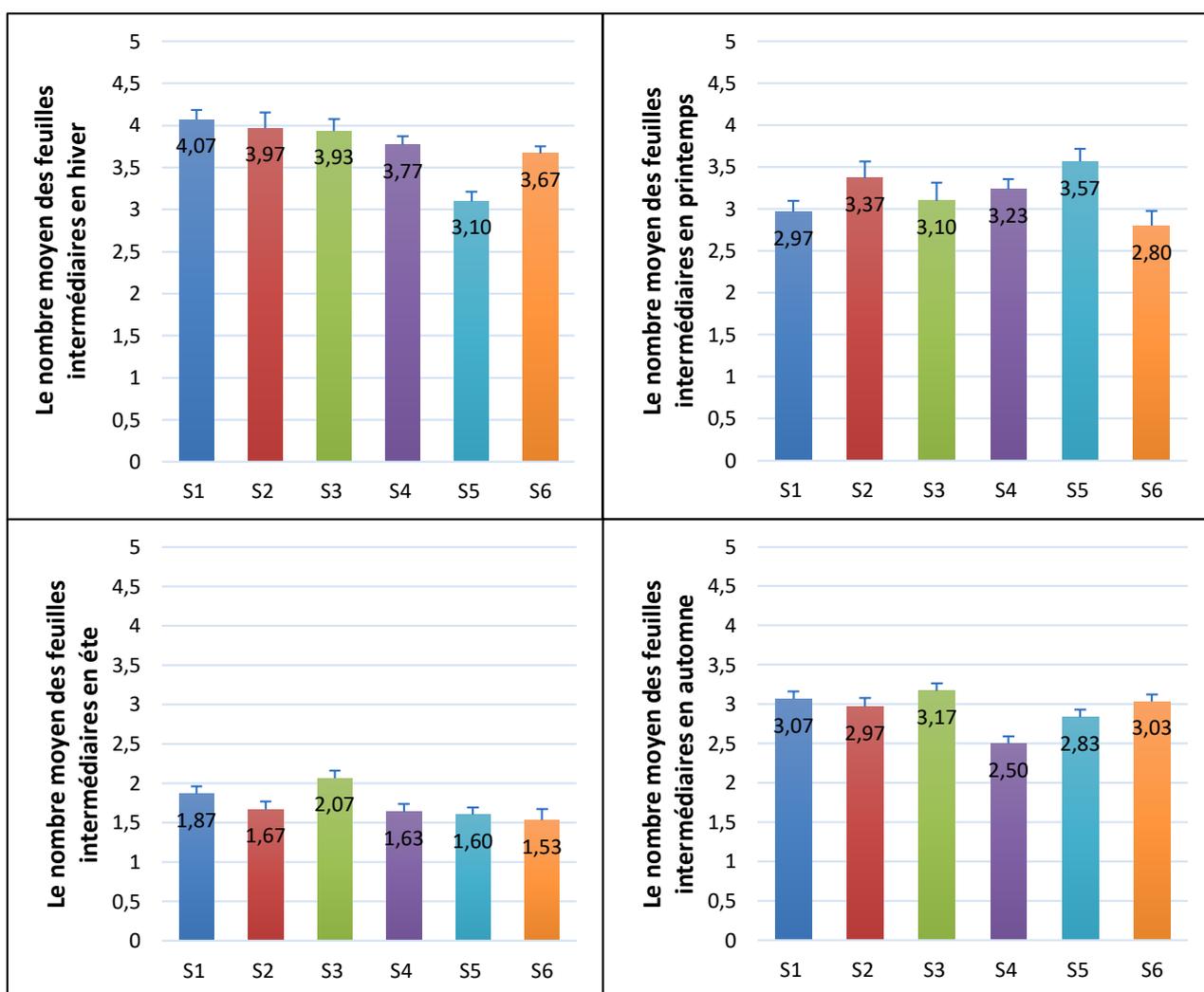
Durant l'hiver, le nombre moyen des feuilles adultes est élevée dans la station (S5)  $2,8 \pm 0,14$  alors que la valeur basse est enregistrée au niveau de la station (S4)  $1,93 \pm 0,13$ . Dans la période printanière, ce paramètre atteint son maximum dans la station (S1)  $3,46 \pm 0,12$ , alors que le minimum est enregistré au niveau de la station (S4)  $2,56 \pm 0,13$ . Pendant la saison estivale, la valeur maximale est marquée dans la station (S6)  $4,03 \pm 0,13$ , en revanche la valeur minimale est enregistrée au niveau de la station (S4),  $3,0 \pm 0,1$ . Durant l'automne, on observe que, le nombre moyen des feuilles adultes est élevé dans la station (S6)  $4,33 \pm 0,12$ , alors qu'il est faible dans la station (S4),  $2 \pm 0,068$ . La valeur maximale de ce paramètre des quatre saisons est enregistrée dans la période automnale dans la station (S6), et minimale dans la station (S4) dans la période hivernale (**Fig. 77**).



**Figure 77:** Variation saisonnière du nombre moyen des feuilles adultes de posidonie.

### 7.3 Le nombre moyen des feuilles intermédiaires par faisceau

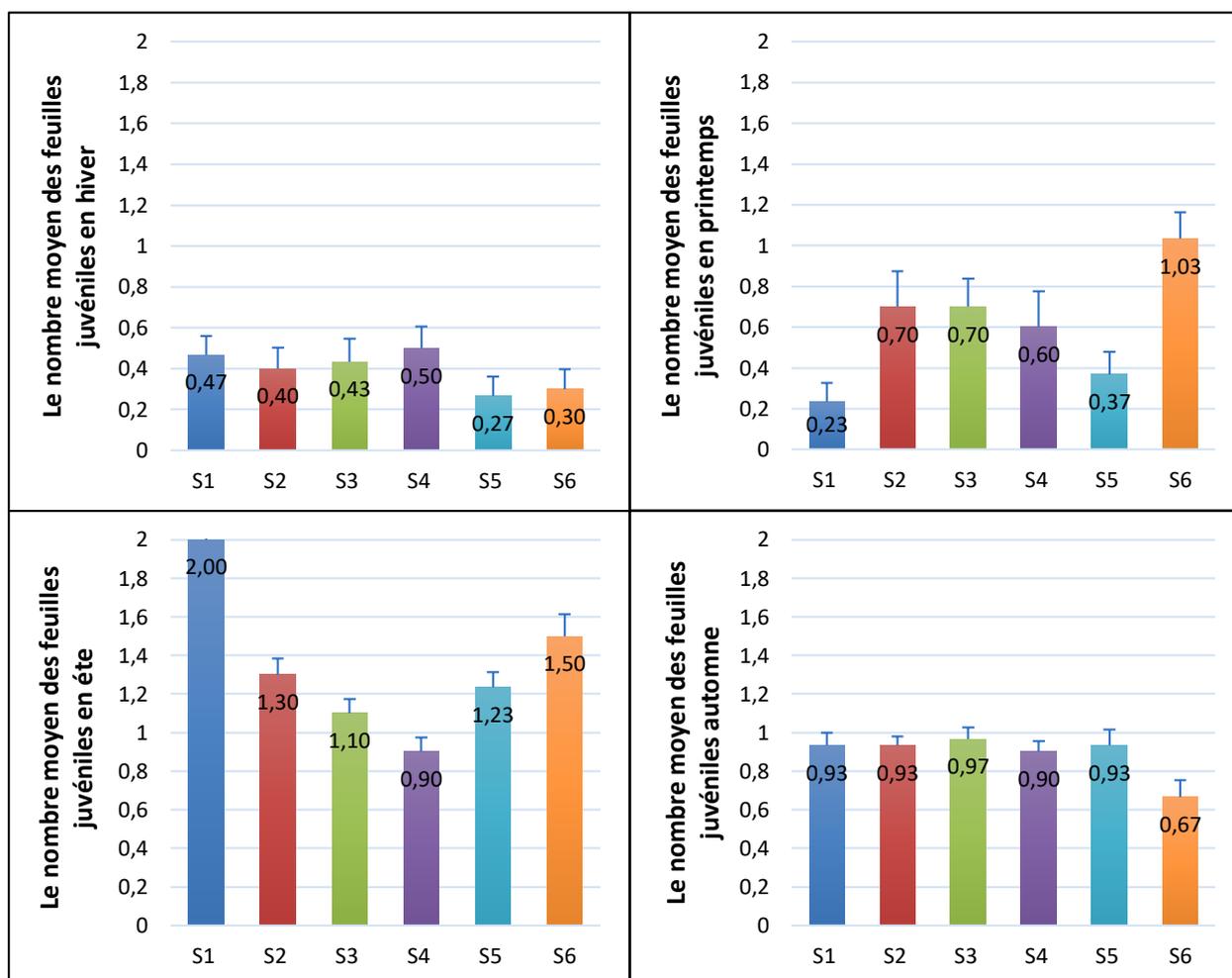
Durant L'hiver, le nombre moyen des feuilles intermédiaire est élevée dans la station (S1)  $4,06 \pm 0,12$ , alors qu'il est minimale dans la station (S5)  $3,1 \pm 0,11$ . Dans la période printanière, on remarque que le nombre moyen des feuilles intermédiaire atteint son maximum au niveau de la station (S5)  $3,56 \pm 0,15$ , en revanche son minimum est marqué dans la station (S6)  $2,8 \pm 0,2$ . Durant la période estivale , le maximum dans la station (S3)  $2,06 \pm 0,1$  alors que son minimum est marqué dans la station (S6)  $1,53 \pm 0,14$ . Durant l'automne, la valeur élevée dans la station (S3)  $3,16 \pm 0,1$ , en revanche la basse valeur est marqué dans la station (S4)  $2,5 \pm 0,09$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période hivernale dans la station (S1), et minimale dans la station (S6) dans la période estivale (**Fig. 78**).



**Figure 78:** Variation saisonnière du nombre moyen des feuilles intermédiaires de posidonie.

### 7.4 Le nombre moyen des feuilles juvéniles par faisceau

Pendant la période hivernale, le nombre moyen des feuilles juvéniles est élevé dans la station (S4)  $0,5 \pm 0,1$  tandis que la forte valeur est enregistrée au niveau de la station (S5)  $0,26 \pm 0,09$ . Durant le printemps, Le maximum de ce paramètre est marqué dans la station (S6)  $1,03 \pm 0,13$ , alors que le minimum est enregistré au niveau de la station (S1),  $0,23 \pm 0,09$ . Pendant la période estivale, le maximum de ce paramètre est enregistré dans la station (S1),  $2 \pm 0,27$  alors qu'il est faible au niveau de la station (S4)  $0,9 \pm 0,07$ . Pour l'automne, le nombre moyen des feuilles juvéniles est presque le même dans les stations suivantes (S1), (S2) et (S5),  $0,93 \pm 0,05$  et  $0,93 \pm 0,07$  et  $0,93 \pm 0,08$ , durant cette saison la valeur la faible de ce paramètre est enregistré au niveau de la station (S6),  $0,66 \pm 0,09$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période estivale dans la station (S1), et minimale dans la station (S1) dans la période printanière (**Fig. 79**)



**Figure 79:** Variation saisonnière du nombre moyen des feuilles juvéniles de posidonie.

### B /La longueur moyenne des feuilles de *P. oceanica*

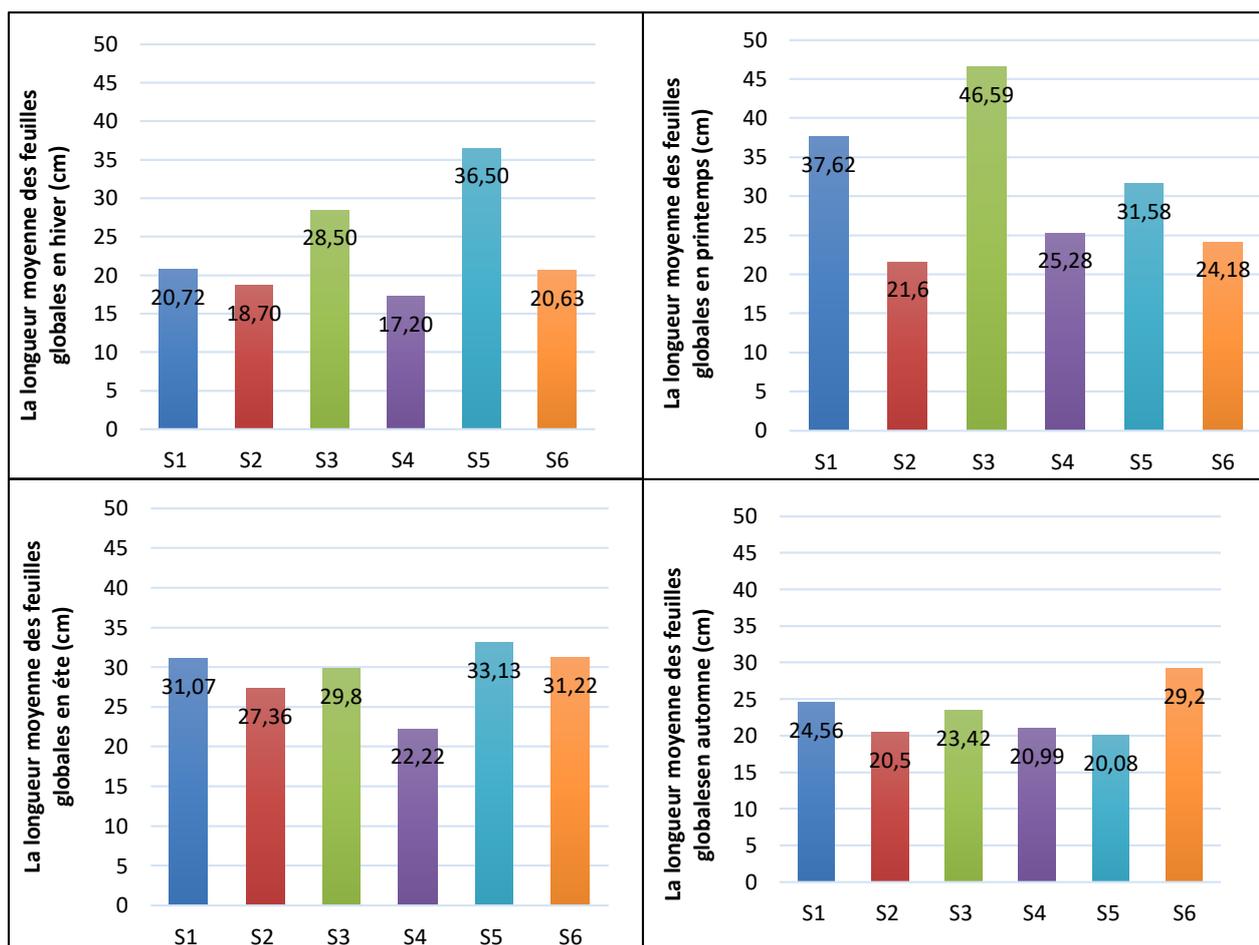
La longueur moyenne des feuilles globales est maximale en printemps dans la station (S3) 46,59 et minimale en hiver dans la station (S4)17,2cm, Alors que la valeur maximale de la longueur moyenne des feuilles adultes est signalée dans la station S3 la caroube 53,17cm  $\pm$  2,0 en printemps tandis que et sa valeur minimale est signalée à la station (S2) 17,31cm  $\pm$  0,8en hiver (**Tab. 38**). Pour la longueur moyenne des feuilles intermédiaires, elle est toujours inférieure à celles des feuilles adultes au niveau des six sites d'étude, son maximum est obtenu dans le site (S3) 39,39cm  $\pm$  2,59 en période printanière et son minimum dans le site (S5)12,33cm  $\pm$  0,89 en période estivale (**Tab. 38**). La longueur moyenne des feuilles juvéniles est un paramètre souvent négligé dans le cadre de l'étude phénologique de *P. oceanica*, son maximum est marqué dans le site (S4) 3,44cm  $\pm$ 0,30dans la période hivernale et son minimum marqué dans le site (S1)1,78cm  $\pm$ 0,47 dans la période printanière (**Tab. 38**).

**Tableau 38:** La longueur moyenne des feuilles de *P.oceanica* (en centimètre)

Saisons	Stations	La longueur moyenne des feuilles Adultes	La longueur moyenne des feuilles Intermédiaires	La longueur moyenne des feuilles Juvéniles	La longueur moyenne des feuilles globales
Hiver	S1	20,88 $\pm$ 0,83	20,63 $\pm$ 0,73	3,13 $\pm$ 0,27	20,72
	S2	17,31 $\pm$ 0,80	19,43 $\pm$ 0,71	3,07 $\pm$ 0,28	18,70
	S3	27,53 $\pm$ 1,42	29,07 $\pm$ 1,34	3,00 $\pm$ 0,26	28,50
	S4	17,73 $\pm$ 0,84	16,94 $\pm$ 0,69	3,44 $\pm$ 0,30	17,20
	S5	36,57 $\pm$ 1,32	36,44 $\pm$ 1,66	2,44 $\pm$ 0,44	36,50
	S6	22,70 $\pm$ 0,74	19,42 $\pm$ 0,89	2,49 $\pm$ 0,43	20,63
Printemps	S1	37,03 $\pm$ 1,55	38,31 $\pm$ 2,06	1,78 $\pm$ 0,47	37,62
	S2	20,13 $\pm$ 0,98	22,94 $\pm$ 1,17	2,24 $\pm$ 0,26	21,60
	S3	53,17 $\pm$ 2,01	39,39 $\pm$ 2,59	2,24 $\pm$ 0,26	46,59
	S4	21,68 $\pm$ 1,04	28,15 $\pm$ 1,19	2,75 $\pm$ 0,31	25,28
	S5	28,27 $\pm$ 0,95	34,50 $\pm$ 1,39	2,59 $\pm$ 0,39	31,58
	S6	26,13 $\pm$ 1,29	21,88 $\pm$ 1,37	2,84 $\pm$ 1,05	24,18
Eté	S1	40,17 $\pm$ 1,27	12,88 $\pm$ 0,64	2,03 $\pm$ 0,15	31,07
	S2	34,29 $\pm$ 0,78	14,48 $\pm$ 1,20	2,33 $\pm$ 0,22	27,36
	S3	40,37 $\pm$ 1,17	13,80 $\pm$ 1,08	2,59 $\pm$ 0,23	29,80
	S4	24,91 $\pm$ 0,75	17,30 $\pm$ 1,31	2,80 $\pm$ 0,23	22,22
	S5	41,60 $\pm$ 1,03	12,33 $\pm$ 0,89	2,31 $\pm$ 0,23	33,13
	S6	38,94 $\pm$ 0,96	10,93 $\pm$ 0,89	2,33 $\pm$ 0,19	31,22
Automne	S1	31,08 $\pm$ 0,64	18,33 $\pm$ 0,92	2,71 $\pm$ 0,20	24,56
	S2	24,06 $\pm$ 0,52	17,31 $\pm$ 0,80	2,70 $\pm$ 0,19	20,50
	S3	26,16 $\pm$ 0,47	20,78 $\pm$ 0,98	2,88 $\pm$ 0,22	23,42
	S4	23,78 $\pm$ 0,65	18,76 $\pm$ 1,03	2,47 $\pm$ 0,15	20,99
	S5	21,69 $\pm$ 0,49	18,32 $\pm$ 0,80	2,90 $\pm$ 0,22	20,08
	S6	36,58 $\pm$ 0,64	18,67 $\pm$ 0,89	3,38 $\pm$ 0,20	29,20

## 7.5 La longueur moyenne des feuilles globales

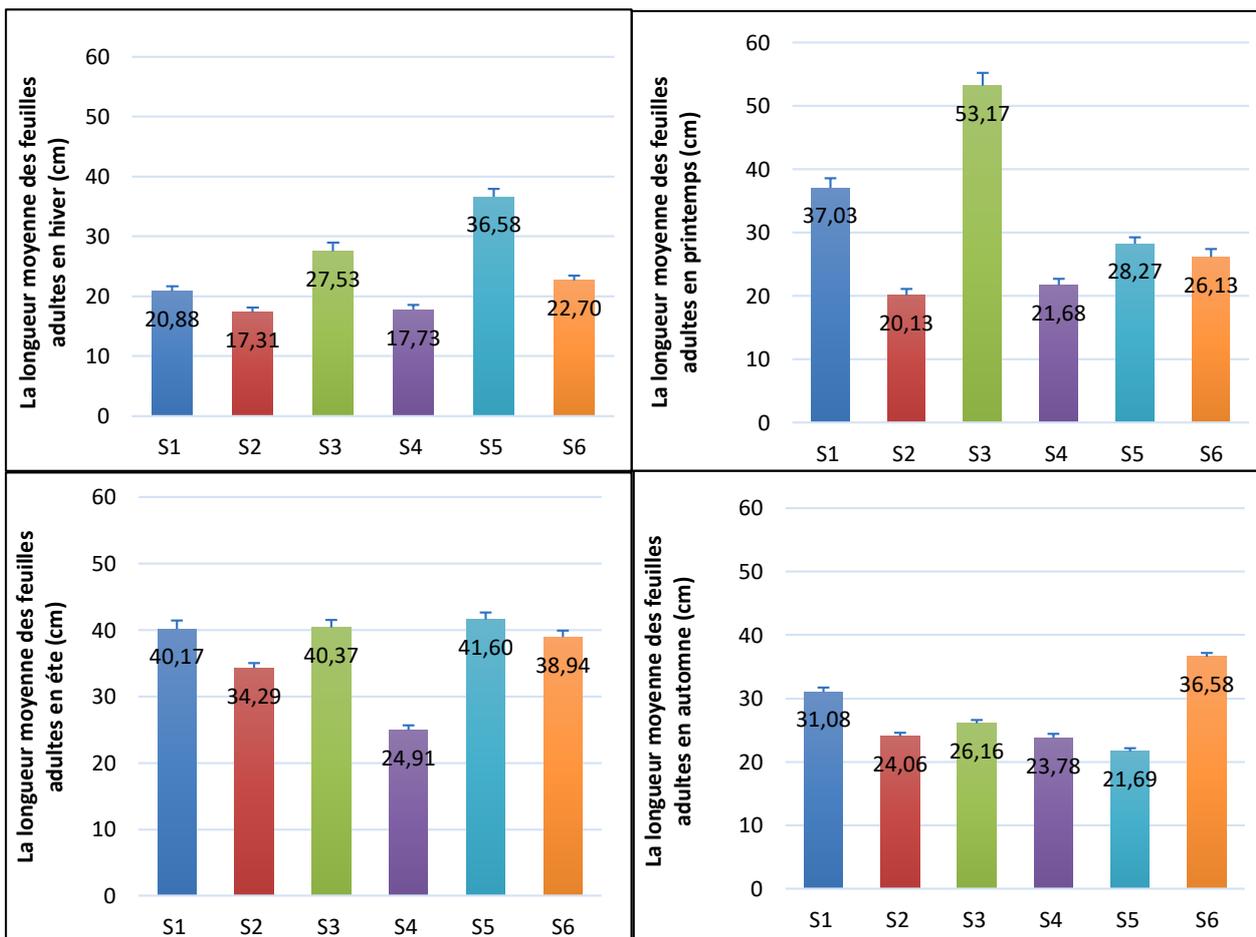
Dans la saison d'hiver, la longueur moyenne des feuilles globales atteint son maximum dans la station (S5) 36,5cm ± 0, en revanche son minimum est enregistrée dans la station (S4), 17,2cm ± 0. Pendant le printemps, ce paramètre est élevé dans la station (S3), 46,59cm ± 0, alors que faible dans la station (S2), 21,6cm ± 0. Durant la période estivale, la longueur moyenne des feuilles globales atteint son maximum dans la station (S5), 33,13cm ± 0, tandis que le minimum est enregistré dans la station (S4), 22,22cm ± 0. Au cours de la période automnale, la valeur maximale est marquée dans la station (S6) 29,2cm ± 0, alors que la valeur minimale est enregistrée dans la station (S5) 20,08cm ± 0. La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période printanière dans la station (S3), et minimale dans la station (S4) dans la période hivernale (**Fig. 80**).



**Figure 80:** Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles globales de posidonie.

## 7.6 La longueur moyenne des feuilles adultes

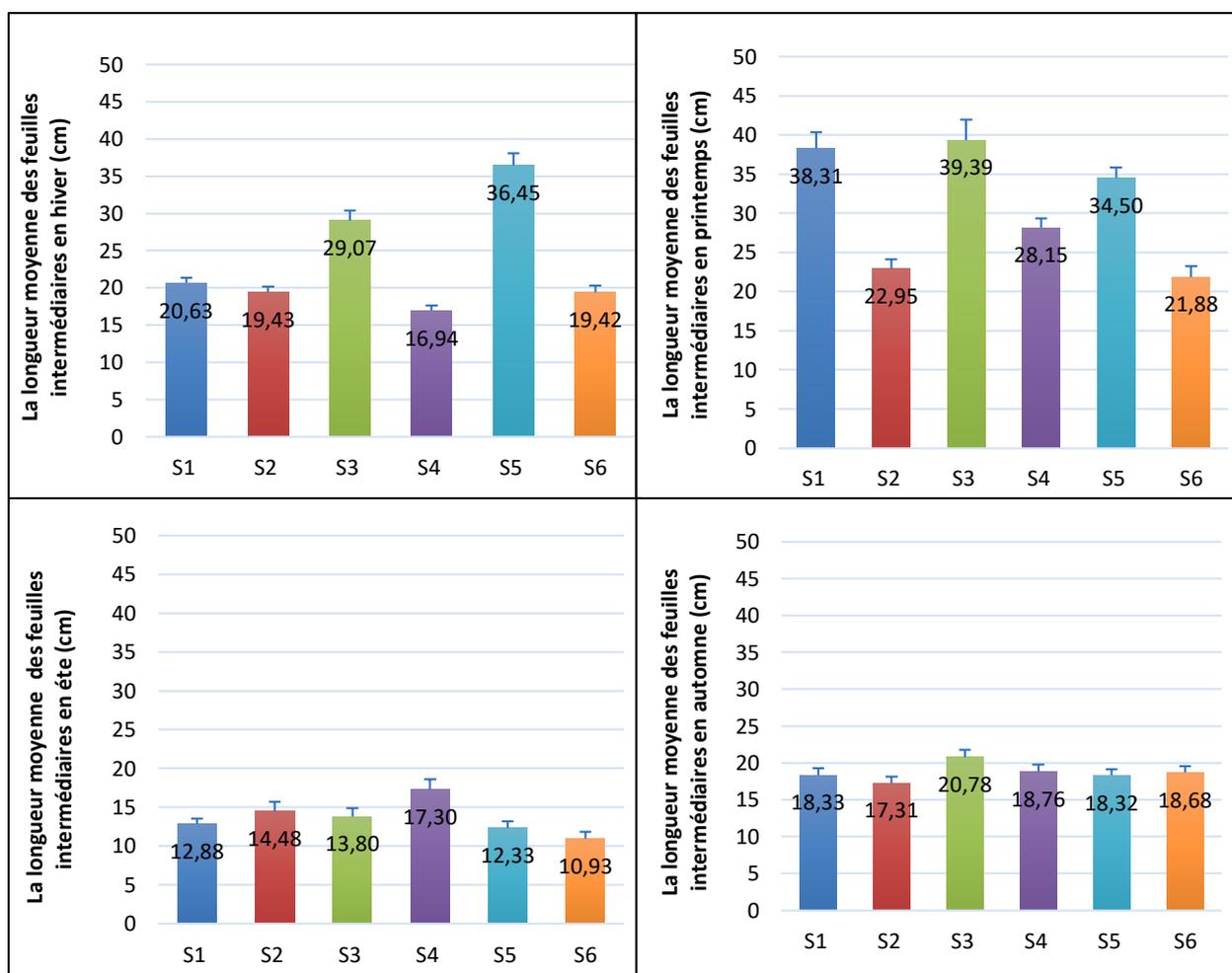
Dans la période hivernale, le maximum de la longueur moyenne des feuilles adultes est enregistré dans la station (S5) 36,57cm  $\pm$  1,31, tandis que le minimum est enregistré dans la station (S2) 17,31cm  $\pm$  0,8. Durant le printemps, ce paramètre est élevé dans la station (S3) 53,16cm  $\pm$  2,01, par rapport aux autres stations, et la basse valeur est enregistrée dans la station (S2) 20,12cm  $\pm$  1. Dans la période estivale, On remarque que le maximum est marqué dans la station (S5) 41,60cm  $\pm$  1,04, et le minimum est enregistrée dans la station (S4) 24,90cm  $\pm$  0,8. Durant l'automne, le maximum de la longueur moyenne des feuilles adultes est enregistrée dans la station (S6) 36,58cm  $\pm$  0,64, en revanche le minimum est marquée dans la station (S5) 21,68cm  $\pm$  0,5. La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période printanière dans la station (S3), et minimale dans la station (S2) dans la période hivernale (**Fig. 81**).



**Figure 81:** Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles adultes de posidonie.

### 7.7 La longueur moyenne des feuilles intermédiaires

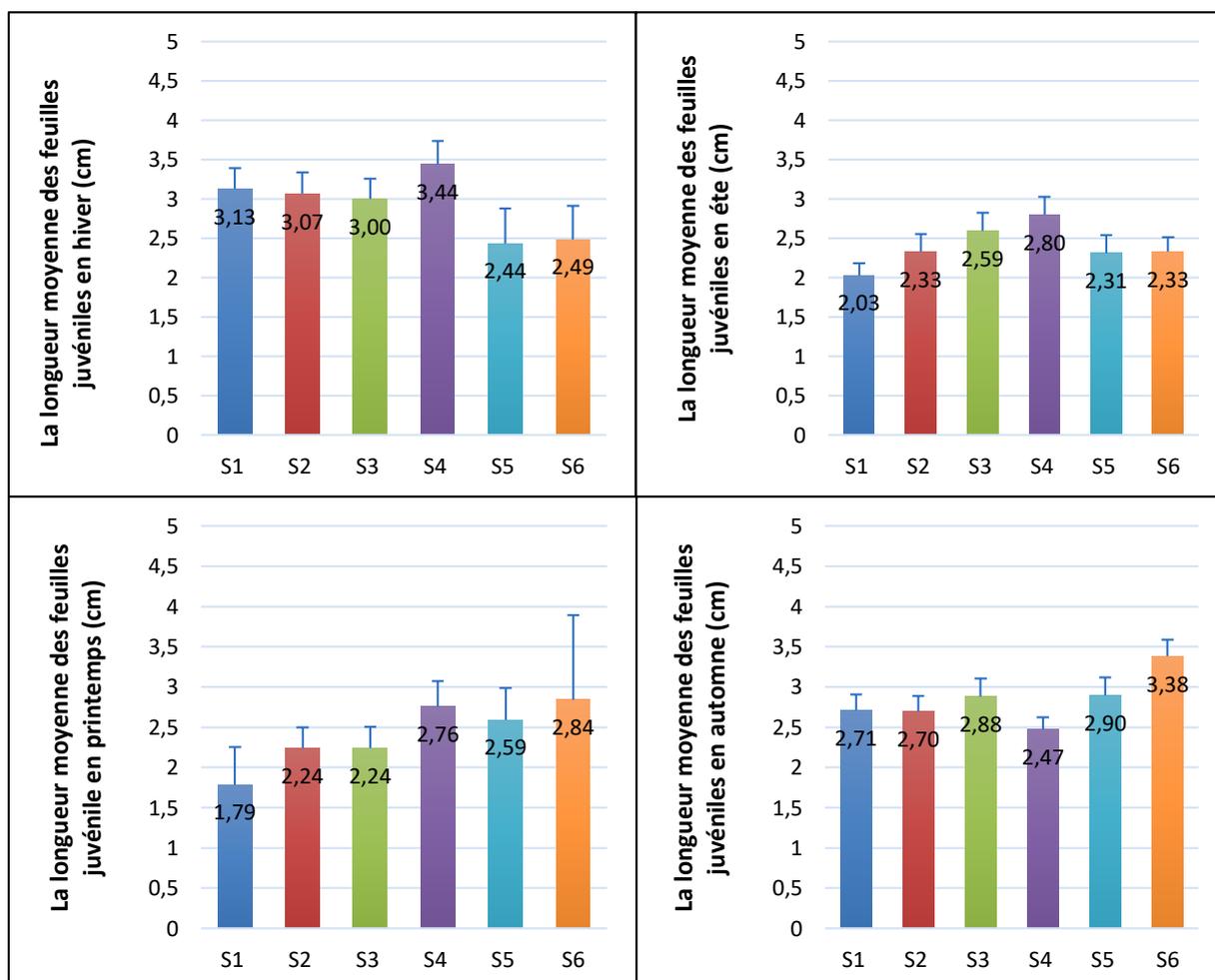
Durant l'hiver, le maximum de ce paramètre est marqué dans la station (S5) par rapport aux autres stations avec une valeur de  $36,44\text{cm} \pm 1,7$ , en revanche le minimum est enregistré au niveau de la station (S4), avec une valeur de  $16,93\text{cm} \pm 0,7$ . Dans la période printanière, la longueur moyenne des feuilles intermédiaires atteint son maximum dans la station (S3)  $39,38\text{cm} \pm 2,6$ , Alors que son minimum est de  $21,87\text{cm} \pm 1,4$  dans la station (S6). Durant l'été, la valeur maximale de ce paramètre est enregistrée dans la station (S4)  $17,30\text{cm} \pm 1,3$ , et la valeur minimale est enregistrée dans la station (S6)  $10,93\text{cm} \pm 0,9$ . Au cours de l'automne, on remarque que ce paramètre est élevée dans la station (S3), avec une valeur de  $20,78\text{cm} \pm 1$ , en revanche la basse valeur est enregistré dans la station (S2)  $17,31\text{cm} \pm 0,8$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période printanière dans la station (S3), et minimale dans la station (S6) dans la période estivale (**Fig. 82**).



**Figure 82:** Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles intermédiaires de posidonie.

## 7.8 La longueur moyenne des feuilles juvéniles

Durant l'hiver, la longueur moyenne des feuilles juvéniles est en maximum dans la station (S4) avec une valeur de  $3,44\text{cm} \pm 0,3$ , alors que minimum enregistré au niveau de la station (S5), avec une valeur de  $2,43\text{cm} \pm 0,44$ . En printemps ce paramètre est élevé dans la station (S6), avec une valeur de  $2,84\text{cm} \pm 1,05$ , en revanche la basse valeur de ce paramètre est enregistré au niveau de la station (S1)  $1,78\text{cm} \pm 0,47$ . En Eté, la longueur moyenne des feuilles juvéniles dans la station (S4) est la plus élevée  $2,8\text{cm} \pm 0,23$ , par rapport aux autres stations, par contre la valeur minimale est marquée dans la station (S1)  $2,03\text{cm} \pm 0,15$ . Durant l'automne on remarque que la longueur moyenne des feuilles juvéniles dans la station (S6) est la plus élevée  $3,38\text{cm} \pm 0,21$ , par contre le minimum est enregistré dans la station (S4)  $2,47\text{cm} \pm 0,15$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période hivernale dans la station (S4), et minimale dans la station (S1) dans la période printanière (**Fig. 83**).



**Figure 83:** Variation saisonnière de la longueur moyenne des feuilles juvéniles de posidonie.

*C /La largeur moyenne des feuilles de P. oceanica*

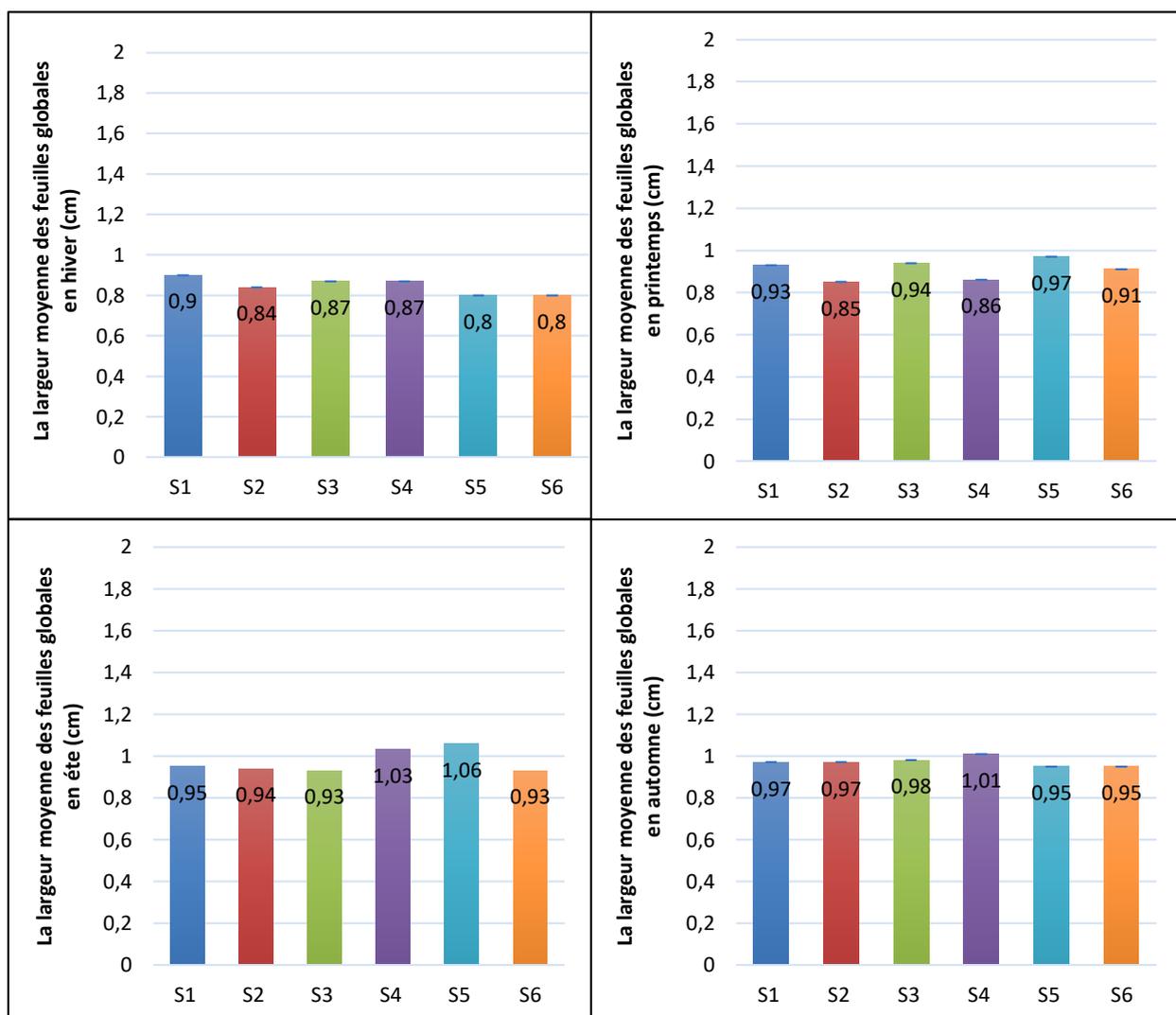
La largeur moyenne des feuilles de posidonie ne présente qu'une variation négligeable en fonction des saisons (**Tab. 39**). La largeur maximale a été enregistrée dans la station (S5) 1,06cm en période estivale alors que son le minimum est marqué dans les deux stations(S6) et (S5) 0,8cm en hiver (**Tab. 39**). La largeur moyenne des feuilles adultes varie légèrement en fonction des saisons dans l'ensemble des stations, cette valeur est comprise entre  $1,05\text{cm} \pm 0,007$  dans le site (S5) en été et  $0,81\text{cm} \pm 0,005$  dans le site (S6) en hiver (**Tab. 39**). On note que les valeurs extrêmes (maximum et minimum) de la largeur des feuilles adultes s'interfèrent avec celles des feuilles globales des deux sites (S5) et (S6). Pour les feuilles intermédiaires, le maximum de la largeur moyenne est enregistré dans la station (S5)  $1,09\text{ cm} \pm 0,011$  dans la saison d'été et son minimum enregistré dans la station cap rosa  $0,8\text{cm} \pm 0,005$  dans la période hivernale (**Tab. 39**). La largeur moyenne des feuilles juvéniles diffère nettement d'un site à un autre, son maximum est enregistré dans la station (S5)  $0,96\text{cm} \pm 0,019$  dans la saison estivale alors que son minimum est enregistré dans la station (S2)  $0,68\text{cm} \pm 0,037$  dans la saison printanière (**Tab. 39**).

**Tableau 39 :** La largeur moyenne des feuilles de *P.oceanica* (en centimètre)

Saisons	Stations	La largeur moyenne des feuilles adultes	La largeur moyenne des feuilles intermédiaires	La largeur moyenne des feuilles juvéniles	La largeur moyenne des feuilles globales
Hiver	S1	0,94±0,00	0,88±0,00	0,79±0,00	0,90
	S2	0,87±0,00	0,82±0,00	0,77±0,01	0,84
	S3	0,89±0,00	0,87±0,00	0,79±0,01	0,87
	S4	0,90±0,01	0,86±0,00	0,78±0,02	0,87
	S5	0,86±0,00	0,85±0,00	0,80±0,04	0,80
	S6	0,81±0,00	0,80±0,00	0,69±0,02	0,80
Printemps	S1	0,96±0,00	0,91±0,00	0,73±0,06	0,93
	S2	0,87±0,00	0,83±0,00	0,68±0,03	0,85
	S3	0,96±0,00	0,92±0,00	0,76±0,02	0,94
	S4	0,88±0,00	0,85±0,00	0,75±0,03	0,86
	S5	1,01±0,00	0,95±0,00	0,82±0,04	0,97
	S6	0,92±0,00	0,90±0,00	0,74±0,02	0,91
Eté	S1	0,97±0,00	0,94±0,00	0,74±0,02	0,95
	S2	0,93±0,00	0,96±0,00	0,88±0,02	0,94
	S3	0,95±0,03	0,92±0,00	0,84±0,01	0,93
	S4	1,03±0,00	1,04±0,01	0,95±0,00	1,03
	S5	1,05±0,00	1,09±0,01	0,96±0,01	1,06
	S6	0,93±0,01	0,97±0,01	0,87±0,02	0,93
Automne	S1	1,03±0,04	0,93±0,00	0,84±0,01	0,97
	S2	1,02±0,00	0,94±0,00	0,86±0,01	0,97
	S3	1,02±0,00	0,96±0,00	0,86±0,01	0,98
	S4	1,02±0,00	1,01±0,00	0,95±0,01	1,01
	S5	0,97±0,00	0,93±0,00	0,86±0,01	0,95
	S6	0,99±0,03	0,91±0,00	0,86±0,01	0,95

## 7.9 La largeur moyenne des feuilles globales

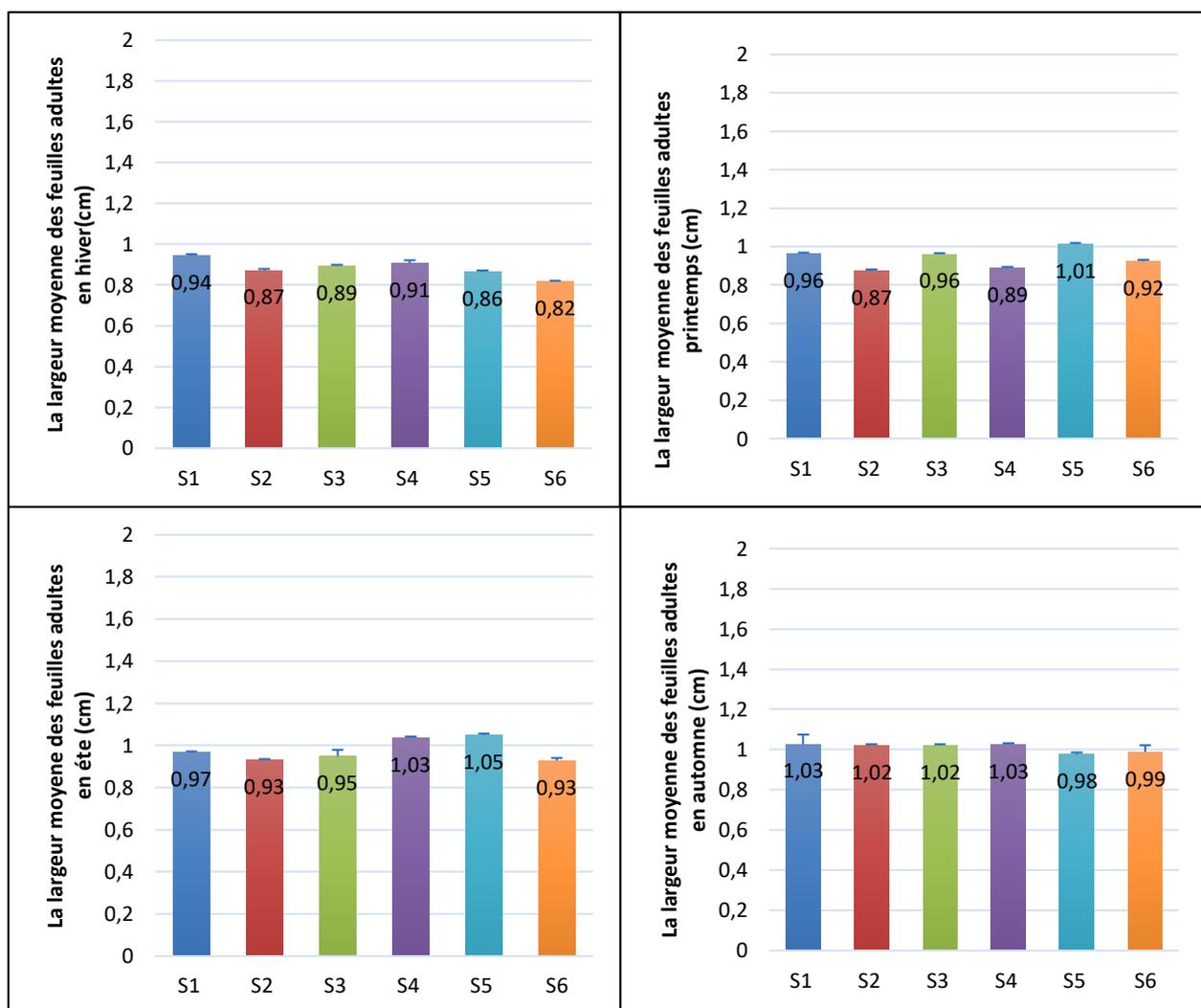
Durant l'hiver, on remarque que la valeur maximale de la largeur moyenne des feuilles globales est marquée dans la station (S1)  $0,9\text{cm} \pm 0$ , tandis que la valeur minimale est enregistrée dans la station (S5) et (S6)  $0,8 \pm 0$ . En printemps, ce paramètre est élevé dans la station (S5)  $0,97\text{cm} \pm 0$ , en revanche la largeur moyenne la plus faible est enregistré au niveau de la station (S2)  $0,85\text{cm} \pm 0$ . Durant l'Eté, la largeur moyenne des feuilles globales est faible dans la station (S6) et (S3),  $0,93\text{cm} \pm 0$ , alors qu'élevée au niveau de la station (S5)  $1,06\text{cm} \pm 0$ , Dans la période automnale, le minimum de ce paramètre est marqué dans les deux stations (S5) et (S6)  $0,95\text{cm} \pm 0$ , alors que le maximum est enregistré au niveau de la station (S4),  $1,01\text{cm} \pm 0$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période estivale dans la station (S5), et minimale (**Fig. 84**).



**Figure 84:** Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles globales de posidonie.

### 7.10 La largeur moyenne des feuilles adultes

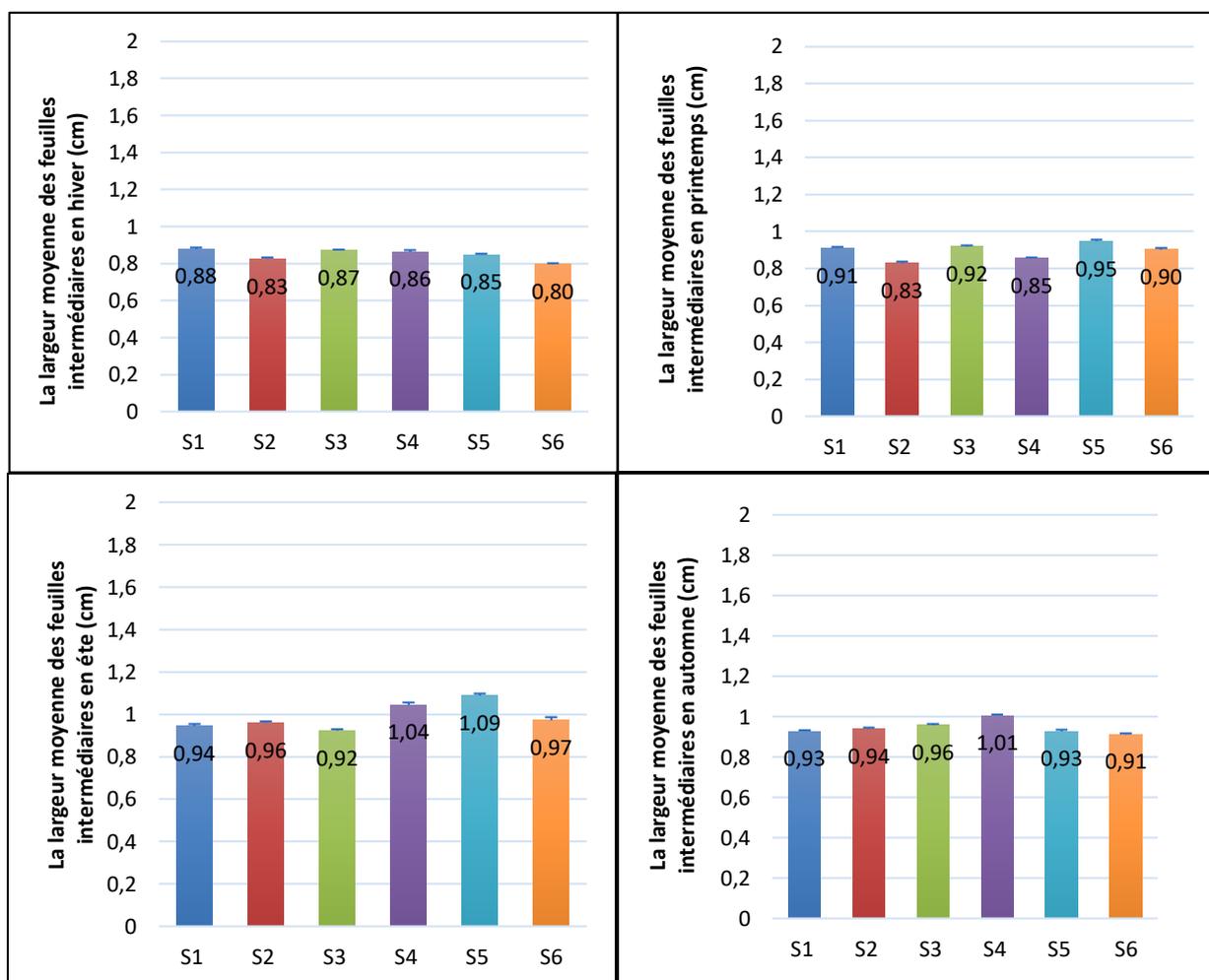
Durant l'hiver, on observe que la largeur moyenne des feuilles adultes est maximale dans la station (S1),  $0,94\text{cm} \pm 0,007$ , alors que minimale dans la station (S6)  $0,81\text{cm} \pm 0,01$ . Dans la période printanière, on remarque que ce paramètre est élevé dans la station (S5)  $1,01\text{cm} \pm 0,006$ , alors que la valeur minimale de ce paramètre est enregistrée dans la station (S2),  $0,87\text{cm} \pm 0,008$ . Durant l'été, le maximum de la largeur moyenne des feuilles adultes est marqué dans la station (S5)  $1,05\text{cm} \pm 0,007$ , le minimum de ce paramètre est enregistré dans la station (S6)  $0,92\text{cm} \pm 0,01$ . Dans la période automnale, la valeur maximale de la largeur moyenne des feuilles adultes est enregistrée au niveau de la (S1)  $1,02\text{cm} \pm 0,04$ , alors que la valeur minimale est marquée dans la station (S5) Draouche  $0,97\text{cm} \pm 0,009$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période estivale dans la station (S5), et minimale dans la station (S6) dans la période hivernale (**Fig. 85**).



**Figure 85:** Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles adultes de posidonie.

### 7.11 Largeur moyenne des feuilles intermédiaires

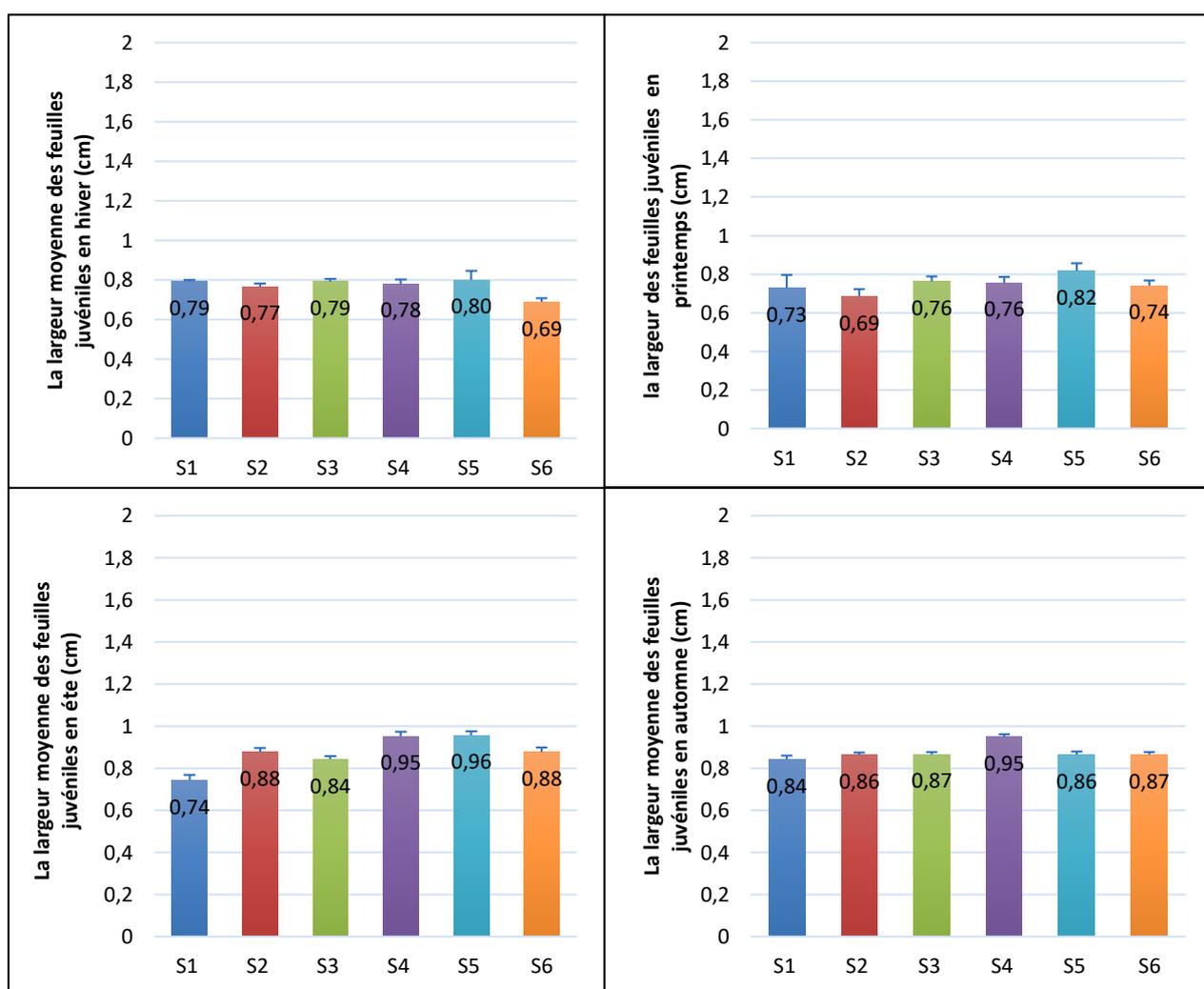
Dans la période hivernale, on observe que la valeur maximale de largeur moyenne des feuilles intermédiaires atteint son maximum dans la station (S1)  $0,87\text{cm} \pm 0,006$ , tandis que sa valeur minimale est enregistrée dans la station (S6)  $0,8\text{cm} \pm 0,005$ . Durant le printemps, ce paramètre est élevé dans la station (S5) il est de  $0,94\text{cm} \pm 0,01$ , tandis que son minimum est enregistré dans la station (S2),  $0,82\text{cm} \pm 0,01$ . Durant l'été, on observe que la largeur moyenne des feuilles intermédiaires est maximum dans la station (S5),  $1,08\text{cm} \pm 0,01$ , en revanche la valeur minimale est enregistré dans la station (S3)  $0,92\text{cm} \pm 0,01$ . Dans la période automnale on observe que la largeur moyenne des feuilles intermédiaires atteint son maximum dans la (S4)  $0,94\text{cm} \pm 0,01$ , tandis que le minimum est marqué dans la station (S3)  $0,96\text{cm} \pm 0,01$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période estivale dans la station (S5), et minimale dans la station (S6) dans la période hivernale (**Fig. 86**).



**Figure 86:** Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles intermédiaires de posidonie.

### 7.12 Largeur moyenne des feuilles juvéniles

Durant l'hiver la largeur moyenne des feuilles juvéniles est élevée dans la station (S5),  $0,8\text{cm} \pm 0,05$ , tandis que la faible valeur est enregistrée au niveau de la station (S6)  $0,68\text{cm} \pm 0,02$ . Durant le printemps, le maximum de ce paramètre est marqué dans la station (S5)  $0,81\text{cm} \pm 0$  et son minimum est enregistré dans la station (S2)  $0,68\text{cm} \pm 0,04$ , au cours de la période estivale, la valeur maximale de la largeur moyenne des feuilles juvéniles est enregistrée dans la station (S5)  $0,95\text{cm} \pm 0,02$ , alors que sa valeur minimale est marquée dans la station (S1),  $0,74\text{cm} \pm 0,03$ . Durant l'automne, ce paramètre est maximal dans la station (S4),  $0,94\text{cm} \pm 0,01$ , tandis que minimale  $0,84\text{cm} \pm 0,02$  marqué dans la station (S1). La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période estivale dans la station (S5), et minimale dans la station (S1) dans la période automnale (Fig. 87).



**Figure 87:** Variation saisonnière de la largeur moyenne des feuilles juvéniles de posidonie.

### D /Le coefficient « A » et la surface foliaire de *P. oceanica*

Pour les surfaces foliaires moyennes des feuilles globales par faisceau, nos résultats montrent que son maximum est de 289,26 cm<sup>2</sup> dans la saison de printemps exactement dans la station (S3) et son minimum est de 86,82 cm<sup>2</sup> dans la saison d'hiver notamment dans la station (S4) (**Tab. 40**).

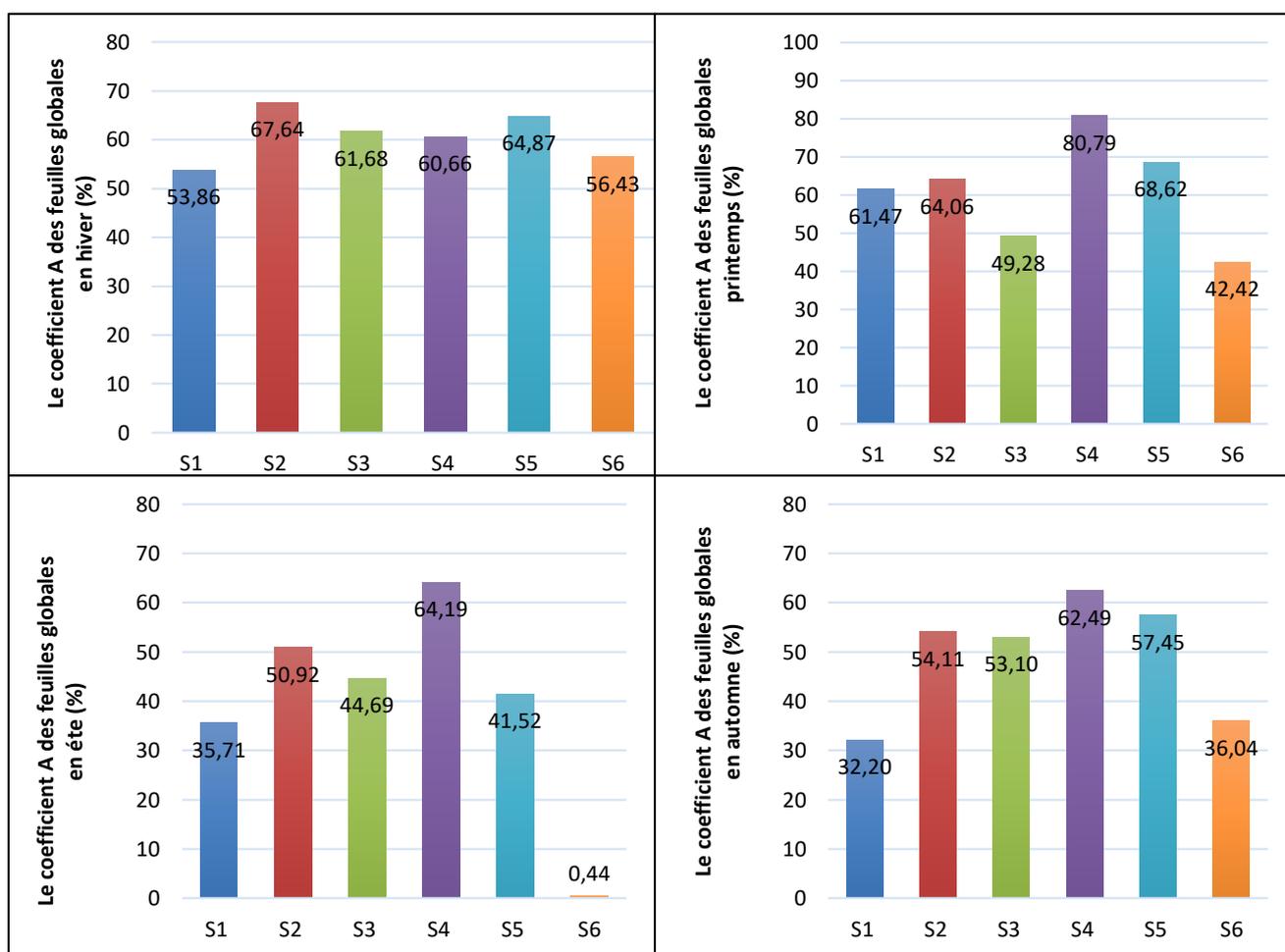
Le coefficient A moyen des feuilles globales de *P. oceanica* varie en fonction des saisons, la valeur la plus élevée du coefficient A des feuilles globales est de 80,79% enregistrée au niveau du site (S4) pendant la saison de printemps et la valeur minimale de 0,43% est enregistrée au niveau du site (S6) en été (**Tab. 40**). Le coefficient A moyen des feuilles adultes atteint son maximum 100 % dans la station (S2) en hiver et son minimum de 56,81 % dans la station (S1) en automne (**Tab. 40**). Pour les feuilles intermédiaires le coefficient A atteint son maximum 62,88 % dans la station (S4) en printemps et son minimum est de 0 % dans la station (S5) et (S6) en été (**Tab.40**).

**Tableau 40:** variabilité du coefficient A (%) des feuilles et la surface foliaire (en cm<sup>2</sup>) chez *P. oceanica*

Seasons	Stations	Le coefficient A des feuilles adultes	Le coefficient A des feuilles intermédiaires	Le coefficient A des feuilles globales	la surface foliaire
Hiver	S1	89,70	18,03	53,86	119,46
	S2	100,00	35,29	67,64	95,91
	S3	97,10	26,27	61,68	156,79
	S4	96,55	24,77	60,66	86,82
	S5	96,42	33,33	64,87	151,66
	S6	89,23	23,63	56,43	97,28
Printemps	S1	97,11	25,84	61,47	230,69
	S2	93,47	34,65	64,06	118,96
	S3	81,37	17,20	49,28	289,26
	S4	98,70	62,88	80,79	104,89
	S5	98,93	38,31	68,62	207,77
	S6	67,00	17,85	42,42	137,47
Eté	S1	69,64	1,78	35,71	168,13
	S2	97,84	4,00	50,92	122,24
	S3	86,17	3,22	44,69	146,98
	S4	97,77	30,61	64,19	106,78
	S5	83,05	0,00	41,52	192,46
	S6	87,60	0,00	0,43	159,26
Automne	S1	56,81	7,60	32,20	147,12
	S2	92,50	15,73	54,11	114,20
	S3	96,73	9,47	53,10	145,37
	S4	98,33	26,66	62,49	96,14
	S5	92,55	22,35	57,45	114,65
	S6	67,69	4,39	36,04	208,83

### 7.13 Le coefficient A des feuilles globales

Durant l'hiver, le coefficient A des feuilles globales atteint son maximum dans la station (S2) 67,64% ± 0 et le minimum est enregistré dans la station (S1) avec une valeur de 53,86 % ± 0. Dans la période printanière, ce paramètre est élevé dans la station (S4) 80,79% ± 0, tandis que la faible valeur est enregistrée dans la station (S6) 42,42% ± 0. Pendant l'été, le coefficient A des feuilles globales est élevé dans la station (S4), 64,19% ± 0, tandis que la valeur minimale est enregistrée dans la station (S6) 0,44% ± 0. Durant l'automne, on observe que le coefficient A maximale des feuilles globales est marqué dans la station (S4) 62,49 ± 0, tandis que minimale est enregistré dans la station (S1), 32,20 ± 0. La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période printanière dans la station (S4), et minimale dans la station (S6) dans la période estivale (**Fig. 88**).

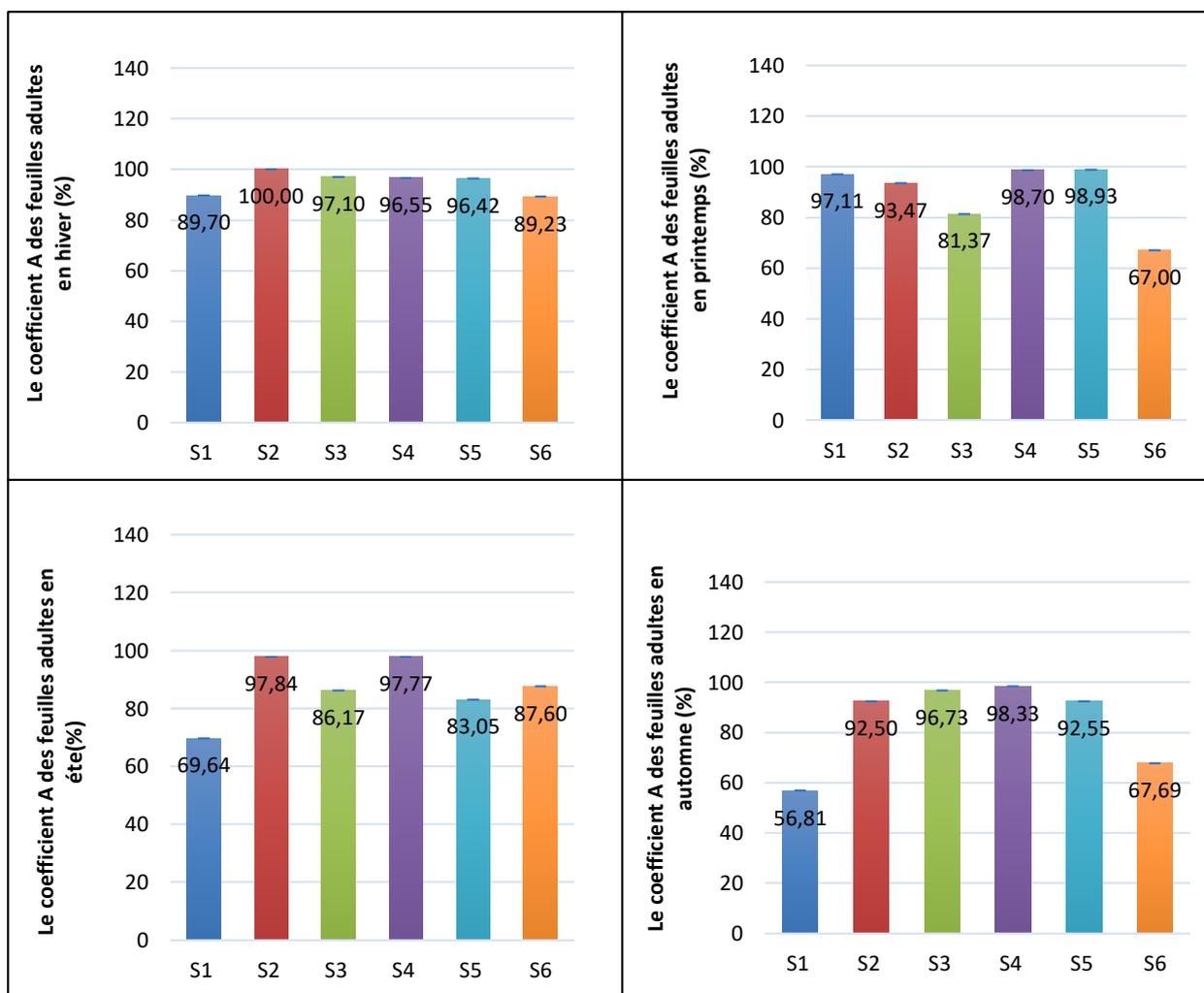


**Figure 88:** Variation saisonnière du coefficient A des feuilles globales de posidonie.

### 7.14 Le coefficient A des feuilles adultes

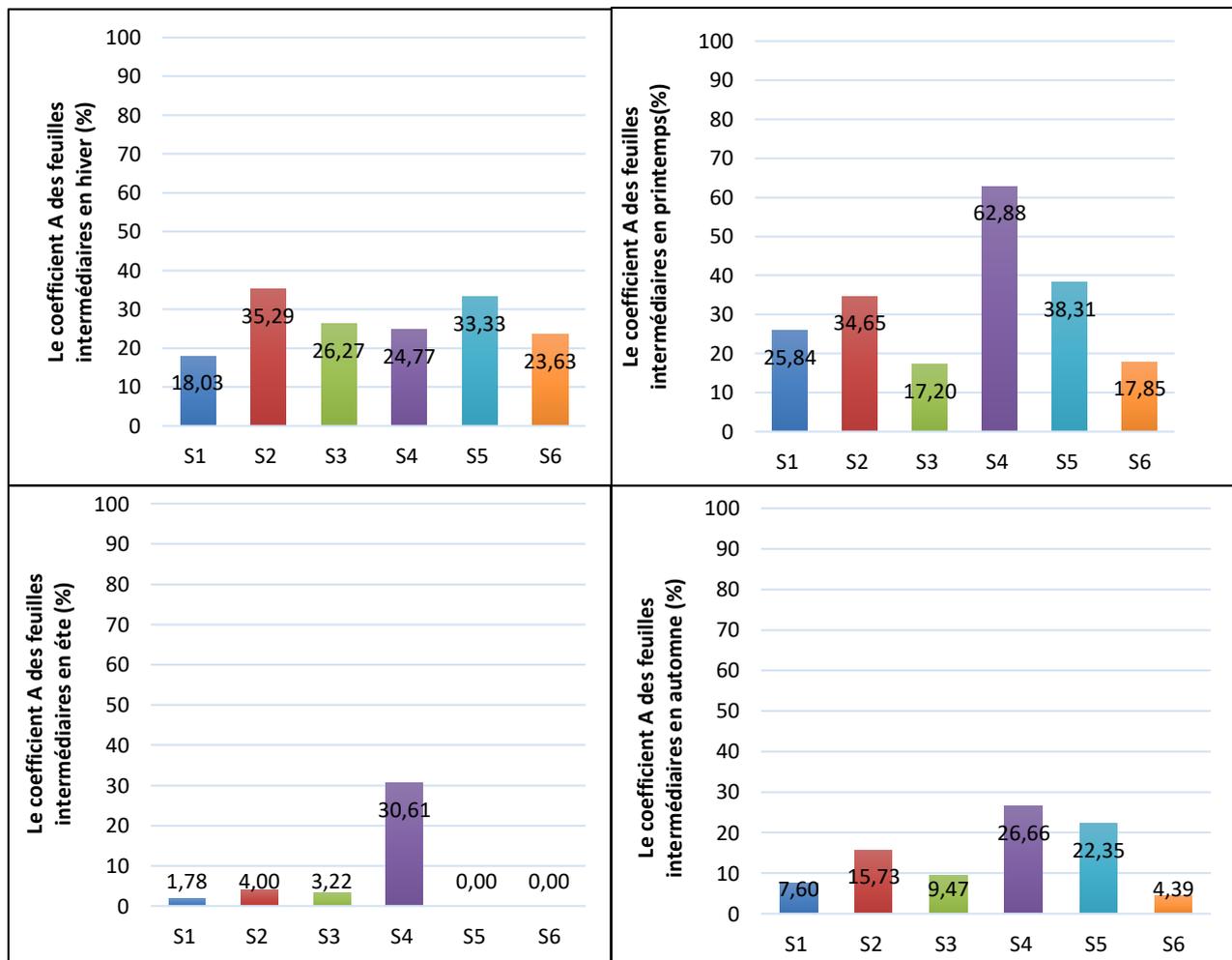
Durant l'hiver, le Coefficient A des feuilles adultes atteint son maximum dans la station (S2) avec une valeur de  $100\% \pm 0$ , tandis que son minimum est de  $89,23\% \pm 0$  dans la station (S1). Dans la période printanière, la valeur maximale du coefficient A des feuilles adultes est marqué dans les stations (S4, S1 et S5) avec des valeurs de  $98,70\% \pm 0$ ,  $97,11\% \pm 0$ ,  $98,93\% \pm 0$  et  $98,93 \pm 0$ , alors que la valeur minimale est marquée dans la station (S6) avec une valeur de  $67\% \pm 0$ . En Eté, le Coefficient A des feuilles adultes est élevé dans les deux stations (S2) et (S4), avec des valeurs de  $97,84\% \pm 0$  et  $97,77\% \pm 0$ , en revanche la basse valeur est marqué dans la station (S1) avec une valeur de  $69,64\% \pm 0$ . Durant l'automne, on observe que le coefficient A des feuilles adultes est élevé dans la station (S4)  $98,33\% \pm 0$ , alors que la basse valeur du ce paramètre est enregistré dans la station (S1)  $56,81\% \pm 0$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période hivernale dans la station (S2), et minimale dans la station (S1) dans la période automnale (**Fig. 89**).

**Figure 89:** Variation saisonnière du coefficient A des feuilles adultes de posidonie.



### 7.15 Le Coefficient A des feuilles intermédiaires

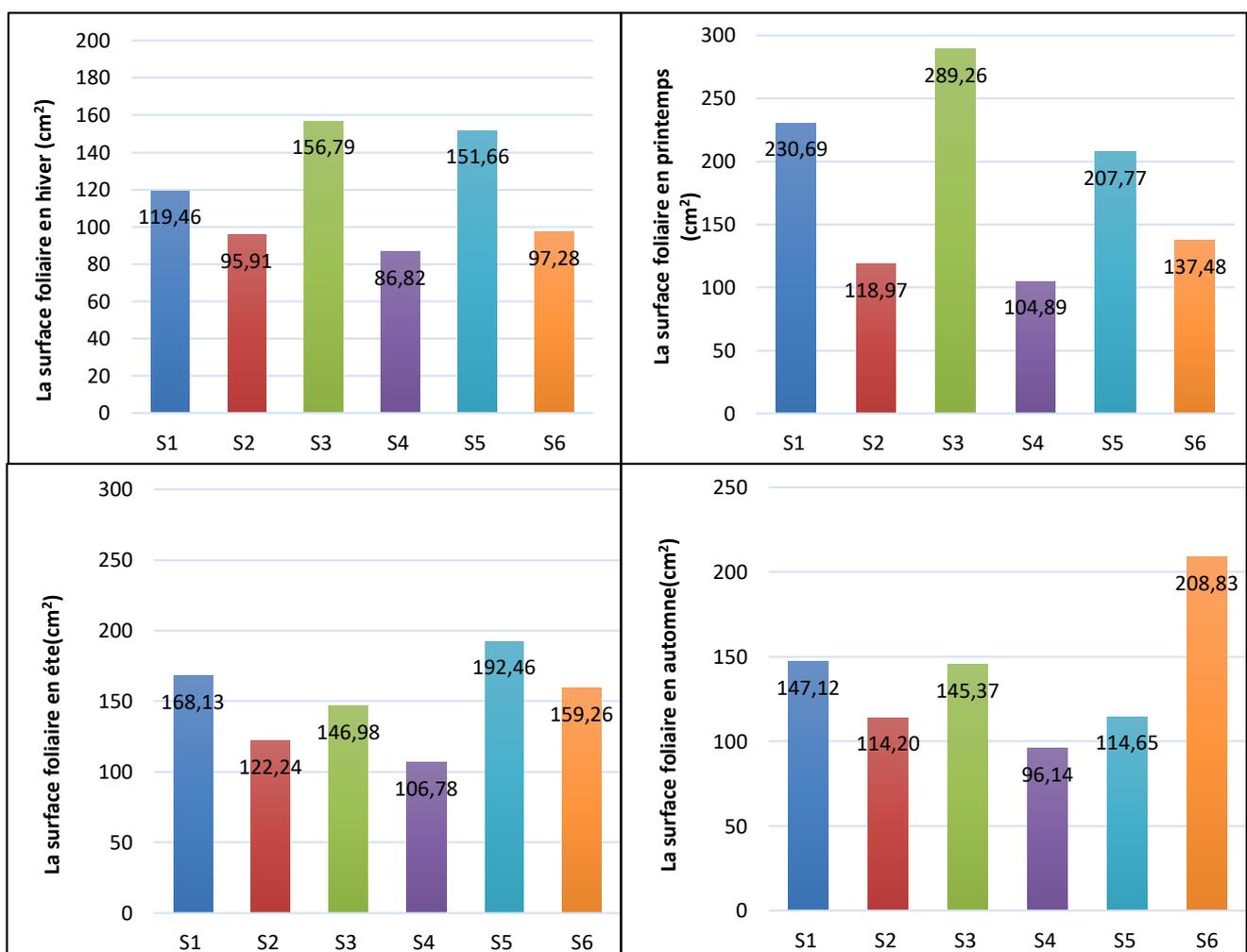
Durant l'hiver, on observe que le coefficient A des feuilles intermédiaires atteint son maximum dans la station (S2), 35,29% ± 0, tandis que le minimum de ce paramètre est enregistré dans la station (S1), 18,03% ± 0. Dans la période printanière le maximum du coefficient A dans les feuilles intermédiaires est marqué dans la station (S4) 62,88% ± 0, tandis que son minimum est enregistré dans la station (S3) et (S6), 17,20% ± 0. Pendant l'été la valeur maximale de ce paramètre est marqué dans la station (S4) 30,61 ± 0, en revanche la valeur minimale est enregistré dans les stations (S5) et (S6) 0 ± 0. En automne le coefficient A des feuilles intermédiaires atteint son maximum dans la station (S4) 26,66% ± 0, alors que son minimum est marqué dans la station (S6) 4,39% ± 0. La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période automnale dans la station (S4), et minimale dans la station (S6) dans la période automnale (**Fig. 90**).



**Figure 90:** Variation saisonnière du coefficient A des feuilles intermédiaires de posidonie.

## 7.16 La surface foliaire

Durant l'hiver, on observe que la surface foliaire est élevée dans le site (S3),  $156,79 \pm 0$ , tandis que dans la station (S4)  $86,82 \text{cm}^2 \pm 0$ . Durant le printemps, On remarque que le maximum de ce paramètre est enregistré dans la station (S3) est de  $289,26 \text{cm}^2 \pm 0$ , tandis que son minimum est enregistré dans la station (S4)  $104,89 \text{cm}^2 \pm 0$ . En été, On observe que la surface foliaire est élevée dans la station (S5),  $192,46 \text{cm}^2 \pm 0$ , tandis que la plus faible est enregistré dans la station (S4),  $106,78 \text{cm}^2 \pm 0$ . Durant l'automne, ce paramètre est maximal dans la station (S6),  $208,83 \text{cm}^2 \pm 0$ , en revanche la surface maximale est enregistrée dans la station (S4),  $96,14 \text{cm}^2 \pm 0$ . La valeur maximale de ce paramètre dans les quatre saisons est enregistrée dans la période printanière dans la station (S3), et minimale dans la station (S4) dans la période hivernale (**Fig. 92**).



**Figure 91:** Variation saisonnière de la surface foliaire des feuilles de *P.oceanica*.

## Analyse statistique

### Paramètre phénologique

L'analyse statistique par un modèle linéaire générale (GLM) a été réalisée afin de montrer les effets de la position géographique des stations et les variations saisonnières sur la biométrie de *P. oceanica*.

L'analyse multivariée par les tests de *Trace de Pillai*, *Lambda de Wilks*, *Trace de Hotelling* et la *plus grande racine de Roy*, indique que la situation des stations choisies et les caractéristiques de ces dernières agissent significativement sur la biométrie et le nombre des feuilles de *P. oceanica* ( $p : 0,000$ ) (**Tab. 41**). Aussi, cette étude statistique montre l'effet de saison sur le nombre et la taille des feuilles de *P. oceanica* qui sont significativement différents en fonctions des variations météorologiques ( $p : 0,000$ ) (**Tab. 41**). L'intersection entre les deux facteurs étudiés (stations \* saisons) montrent qu'il existe des différences très hautement significatives entre la tailles des feuilles de *P. oceanica* étudiées (**Tab. 41**).

**Tableau 41:** Effet des variations saisonnières et stationnaires sur la biométrie des feuilles de *P. oceanica* (Tests multivariés : GLM)

Effet		Valeur	F	ddl de l'hypothèse	Erreur ddl	p
stations	Trace de Pillai	3,000	5,125	60,000	205,000	<b>0,000***</b>
	Lambda de Wilks	,000	2,77E+19	60,000	177,035	<b>0,000***</b>
	Trace de Hotelling	2,1037E+31	1,24E+31	60,000	177,000	<b>0,000***</b>
	Plus grande racine de Roy	1,961E+31	6,70E+31	12,000	41,000	<b>0,000***</b>
saison	Trace de Pillai	3,000		36,000	117,000	-
	Lambda de Wilks	,000	6,93E+29	36,000	110,048	<b>0,000***</b>
	Trace de Hotelling	1,25E+31	1,23E+31	36,000	107,000	<b>0,000***</b>
	Plus grande racine de Roy	1,14E+31	3,71E+31	12,000	39,000	<b>0,000***</b>
stations * saison	Trace de Pillai	3,000	1,067	180,000	576,000	<b>0,288</b>
	Lambda de Wilks	,000	7,11E+09	180,000	373,265	<b>0,000***</b>
	Trace de Hotelling	3,43E+31	6,70E+30	180,000	422,000	<b>0,000***</b>
	Plus grande racine de Roy	3,24E+31	1,04E+32	15,000	48,000	<b>0,000***</b>

[0.01  $\leq$  p < 0.05: Significant (\*); 0.001  $\leq$  p < 0.01: *Highly Significant* (\*\*);  
P < 0.001: *Very Highly Significant* (\*\*\*)]

L'étude statistique par le modèle linéaire générale nous a permis de réaliser des tests d'effets intersujets (**Tab. 42**). Cette étude a pu mettre en évidence un effet hautement significative de stations sur la longueur et la largeur des feuilles intermédiaires ( $p : 0.01 ; 0.008$ , respectivement), sur le nombre des feuilles adultes par faisceaux échantillonnés au niveau des six stations ( $p : 0.002$ ) (**Tab. 42**). et sur le coefficient A calculé pour les feuilles intermédiaires, adultes et globales ( $p : 0.000$ ) (**Tab. 42**).

Concernant les variations saisonnières, elles agissent principalement sur la longueur, la largeur et le nombre des feuilles intermédiaires ( $p : 0.000 ; 0.008 ; 0.000$ , respectivement) (**Tab. 42**). la largeur et le nombre des feuilles adultes ( $p : 0.000$ ) (**Tab. 42**). ainsi que le coefficient A des feuilles intermédiaires, adultes et globales ( $p : 0.000$ ) (**Tab. 42**).

L'association des deux facteurs étudiés (saison et station) agit significativement sur les paramètres influencés par les variations saisonnières et stationnaires (**Tab. 42**).

**Tableau 42:** Effet des variations saisonnières et stationnaires sur les différents paramètres phénologiques étudiés (Tests effets intersujets : GLM)

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	p
Stations	Longueur des feuilles adultes	936,683	5	187,337	1,265	<b>0,294</b>
	Longueur des feuilles intermédiaires	1240,572	5	248,114	3,452	<b>0,01*</b>
	Longueur des feuilles juvéniles	4,851	5	0,970	0,682	<b>0,639</b>
	Largeur des feuilles adultes	0,013	5	0,003	1,280	<b>0,288</b>
	Largeur des feuilles intermédiaires	0,103	5	0,021	3,561	<b>0,008**</b>
	Largeur des feuilles juvéniles	0,112	5	0,022	0,721	<b>0,611</b>
	Nombre moyen des feuilles adultes	10,132	5	2,026	4,434	<b>0,002**</b>
	Nombre moyen des feuilles intermédiaires	1,700	5	0,340	1,157	<b>0,344</b>
	Nombre moyen des feuilles juvéniles	1,502	5	0,300	0,203	<b>0,960</b>
	Coefficient A Feuilles Adultes	3807,675	5	761,535	3,24E+28	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Feuilles Intermédiaires	0,204	5	0,041	3,70E+31	<b>0,000***</b>
Coefficient A Feuilles globales	0,212	5	0,042	1,65E+32	<b>0,000***</b>	
Saison	Longueur des feuilles adultes	1244,626	3	414,875	2,801	<b>0,05</b>
	Longueur des feuilles intermédiaires	1628,472	3	542,824	7,552	<b>0,000***</b>
	Longueur des feuilles juvéniles	1,342	3	0,447	0,314	<b>0,815</b>
	Largeur des feuilles adultes	0,057	3	0,019	9,294	<b>0,000***</b>
	Largeur des feuilles intermédiaires	0,078	3	0,026	4,468	<b>0,008**</b>
	Largeur des feuilles juvéniles	0,157	3	0,052	1,684	<b>0,183</b>
	Nombre moyen des feuilles adultes	11,407	3	3,802	8,319	<b>0,000***</b>
	Nombre moyen des feuilles intermédiaires	26,767	3	8,922	30,353	<b>0,000***</b>
	Nombre moyen des feuilles juvéniles	3,084	3	1,028	0,693	<b>0,561</b>
	Coefficient A Feuilles Adultes	1162,160	3	387,387	1,65E+28	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Feuilles Intermédiaires	0,295	3	0,098	8.94E+31	<b>0,000***</b>
Coefficient A Feuilles globales	0,085	3	0,028	1.10E+32	<b>0,000***</b>	
stations * saison	Longueur des feuilles adultes	3226,135	15	215,076	1,452	<b>0,162</b>
	Longueur des feuilles intermédiaires	3210,821	15	214,055	2,978	<b>0,002**</b>
	Longueur des feuilles juvéniles	28,398	15	1,893	1,330	<b>0,222</b>
	Largeur des feuilles adultes	0,113	15	0,008	3,696	<b>0,000***</b>
	Largeur des feuilles intermédiaires	0,172	15	0,011	1,974	<b>0,038*</b>
	Largeur des feuilles juvéniles	0,196	15	0,013	0,419	<b>0,966</b>
	Nombre moyen des feuilles adultes	12,319	15	0,821	1,797	<b>0,063</b>
	Nombre moyen des feuilles intermédiaires	15,849	15	1,057	3,595	<b>0,000***</b>
	Nombre moyen des feuilles juvéniles	15,408	15	1,027	0,692	<b>0,779</b>
	Coefficient A Feuilles Adultes	19943,204	15	1329,547	5.66E+28	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Feuilles Intermédiaires	0,105	15	0,007	6.36E+30	<b>0,000***</b>
Coefficient A Feuilles globales	0,398	15	0,027	1.03E+32	<b>0,000***</b>	

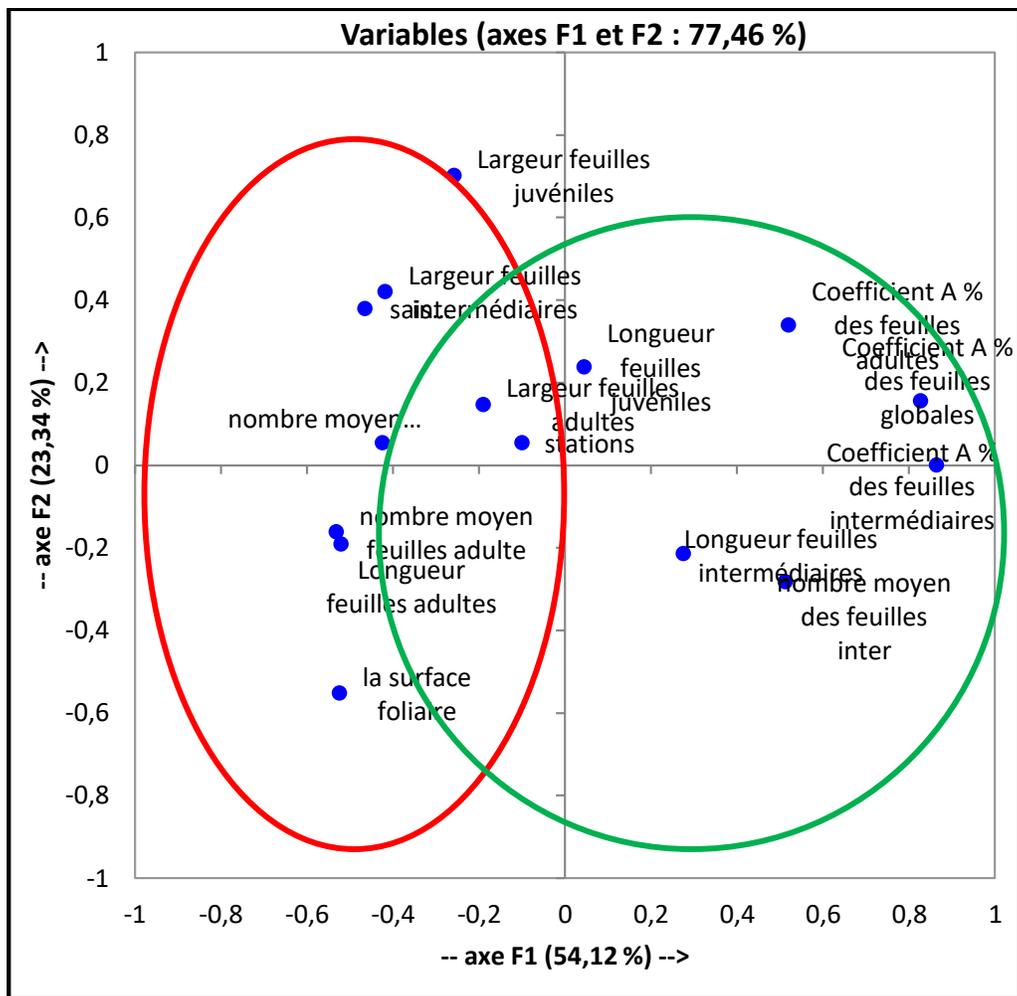
Une analyse factorielle des composants réalisée sur les données phénologiques nous a permis d'établir la matrice de corrélation renseignées dans le tableau 7. Cette matrice nous a permis de

montrer qu'au seuil de signification  $\alpha=0.05$ , il existe des corrélations positives entre les saisons et la longueur, la largeur et le nombre des feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles, tandis que le coefficient A calculés pour les différentes feuilles est corrélé négativement avec les saisons (**Tab. 43**). Nos résultats montrent que la situation géographique et les caractéristiques des stations sont corrélés positivement avec le nombre des feuilles adultes et négativement avec le nombre des feuilles intermédiaires et coefficient A calculé sur les feuilles globales échantillonnées (**Tab. 43**).

**Tableau 43:** Matrice de corrélation entre les différents paramètres phénologiques étudiés

	Stations	Saison	Longueur des feuilles adultes	Longueur des feuilles intermédiaires	Longueur des feuilles juvéniles	Largeur des feuilles adultes	Largeur des feuilles intermédiaires	Largeur des feuilles juvéniles	Nombre moyen des feuilles adultes	Nombre moyen des feuilles intermédiaires	Nombre moyen des feuilles juvéniles	Coefficient A % des feuilles adultes	Coefficient A % des feuilles inter	Coefficient A % des feuilles globales	La surface foliaire
Stations	1	-0,030	-0,006	-0,024	0,052	0,043	0,083	<b>0,126</b>	<b>0,222</b>	<b>-0,133</b>	-0,063	0,030	0,056	<b>-0,187</b>	0,065
Saison	-0,030	1	<b>0,126</b>	<b>-0,232</b>	-0,009	<b>0,234</b>	<b>0,382</b>	<b>0,348</b>	<b>0,179</b>	<b>-0,324</b>	<b>0,239</b>	<b>-0,195</b>	<b>-0,420</b>	<b>-0,282</b>	-0,018
Longueur des feuilles adultes	-0,006	<b>0,126</b>	1	-0,006	-0,084	0,063	<b>0,201</b>	0,060	<b>0,322</b>	<b>-0,279</b>	<b>0,156</b>	<b>-0,257</b>	<b>-0,463</b>	<b>-0,370</b>	<b>0,503</b>
Longueur des feuilles intermédiaires	-0,024	<b>-0,232</b>	-0,006	1	-0,055	-0,012	-0,034	<b>-0,148</b>	<b>-0,090</b>	<b>0,237</b>	<b>-0,151</b>	<b>0,134</b>	<b>0,320</b>	<b>0,297</b>	<b>0,150</b>
Longueur des feuilles juvéniles	0,052	-0,009	-0,084	-0,055	1	0,012	-0,051	<b>0,345</b>	-0,069	0,030	-0,086	0,013	0,037	0,033	-0,072
Largeur des feuilles adultes	0,043	<b>0,234</b>	0,063	-0,012	0,012	1	<b>0,211</b>	<b>0,140</b>	0,078	<b>-0,124</b>	0,064	-0,052	<b>-0,142</b>	-0,060	<b>0,101</b>
Largeur des feuilles intermédiaires	0,083	<b>0,382</b>	<b>0,201</b>	-0,034	-0,051	<b>0,211</b>	1	<b>0,360</b>	<b>0,161</b>	<b>-0,388</b>	<b>0,208</b>	0,042	<b>-0,332</b>	<b>-0,153</b>	<b>0,106</b>
Largeur des feuilles juvéniles	<b>0,126</b>	<b>0,348</b>	0,060	<b>-0,148</b>	<b>0,345</b>	<b>0,140</b>	<b>0,360</b>	1	0,046	<b>-0,277</b>	0,068	<b>0,121</b>	<b>-0,176</b>	-0,072	-0,058
Nombre moyen des feuilles adultes	<b>0,222</b>	<b>0,179</b>	<b>0,322</b>	<b>-0,090</b>	-0,069	0,078	<b>0,161</b>	0,046	1	<b>-0,242</b>	<b>0,296</b>	<b>-0,310</b>	<b>-0,375</b>	<b>-0,432</b>	<b>0,434</b>
Nombre moyen des feuilles intermédiaires	<b>-0,133</b>	<b>-0,324</b>	<b>-0,279</b>	<b>0,237</b>	0,030	<b>-0,124</b>	<b>-0,388</b>	<b>-0,277</b>	<b>-0,242</b>	1	<b>-0,270</b>	<b>0,088</b>	<b>0,409</b>	<b>0,378</b>	<b>-0,095</b>
Nombre moyen des feuilles juvéniles	-0,063	<b>0,239</b>	<b>0,156</b>	<b>-0,151</b>	-0,086	0,064	<b>0,208</b>	0,068	<b>0,296</b>	<b>-0,270</b>	1	<b>-0,198</b>	<b>-0,376</b>	<b>-0,348</b>	<b>0,089</b>
Coefficient A % des feuilles adultes	0,030	<b>-0,195</b>	<b>-0,257</b>	<b>0,134</b>	0,013	-0,052	0,042	<b>0,121</b>	<b>-0,310</b>	<b>0,088</b>	<b>-0,198</b>	1	<b>0,484</b>	<b>0,578</b>	<b>-0,390</b>
Coefficient A % des feuilles inter	0,056	<b>-0,420</b>	<b>-0,463</b>	<b>0,320</b>	0,037	<b>-0,142</b>	<b>-0,332</b>	<b>-0,176</b>	<b>-0,375</b>	<b>0,409</b>	<b>-0,376</b>	<b>0,484</b>	1	<b>0,790</b>	<b>-0,363</b>
Coefficient A % des feuilles globales	<b>-0,187</b>	<b>-0,282</b>	<b>-0,370</b>	<b>0,297</b>	0,033	-0,060	<b>-0,153</b>	-0,072	<b>-0,432</b>	<b>0,378</b>	<b>-0,348</b>	<b>0,578</b>	<b>0,790</b>	1	<b>-0,352</b>
La surface foliaire	0,065	-0,018	<b>0,503</b>	<b>0,150</b>	-0,072	<b>0,101</b>	<b>0,106</b>	-0,058	<b>0,434</b>	<b>-0,095</b>	<b>0,089</b>	<b>-0,390</b>	<b>-0,363</b>	<b>-0,352</b>	1

L'analyse factorielle (AFC) sur les 16 variables étudiées dans les six stations d'étude et durant les 4 saisons (384 variables au total) est présentée par la figure 2. L'analyse nous a permis de montrer que les variables météorologiques sont ceux qui influent sur les paramètres phénologiques de *P. oceanica*. Le plan des deux axes explique 77,46 % de la variabilité totale sachant que l'axe F2 n'explique que 23,34 % de la variabilité (Fig. 92). On distingue deux groupes de variables qui s'opposent, essentiellement, au niveau de l'axe F1. Le premier groupe, au pôle positif, rassemble essentiellement les coefficients A calculés chez les trois types de feuilles étudiées et le deuxième groupe, dans le pôle gauche du graphe, qui est composé de saisons, stations, surface foliaire, longueur, largeur et nombre des feuilles (Fig. 92).



**Figure 92:** Analyse factorielle de la distribution des facteurs influant les paramètres phénologiques de *P. oceanica*.

# Discussion

## 4. Discussion

### 4.1 Paramètres mesurés in situ

La température de l'eau est un facteur abiotique d'une importance majeure dans la vie des écosystèmes aquatiques, son évolution reste liée d'une part aux conditions locales telles que le climat régional, la durée de l'ensoleillement et la profondeur (Mcneely *et al.*, 1980).

D'une manière générale, les valeurs de température obtenues et leurs variations au cours de l'année sont conformes à celles observées en Méditerranée dans des sites similaires ; à Port Cros, France (Augier, 1980), Espagne (Esteban, 1989; Ramos-Esplá *et al.*, 1993), Corse (Gobert, 2002), et en Algérie (Amri, 2018; Boumaza *et al.*, 1995; Boutabia, 2016; Chahrour, 2013). La température mesurée au niveau des stations d'échantillonnage reflète bien l'influence du climat méditerranéen tempéré, elle affiche l'existence de deux périodes caractéristiques l'une chaude et l'autre froide, cela a été aussi observé par (Boutabia, 2016; Bouzenda *et al.*, 2017; Amri, 2018).

Les valeurs maximales et minimales ont montré que *P. oceanica* est capable de tolérer de grandes variations de températures ; plante euritherme par excellence selon (Augier, 1980). Cette caractéristique lui permet de coloniser de vastes surfaces de l'étage infralittoral (Augier *et al.*, 1979).

L'importance de l'oxygène comme paramètre de qualité du milieu n'est plus à démontrer, il intervient dans la plupart des processus biologiques permettant la vie terrestre et marine. Au niveau des zones côtières, l'oxygène dissous est la variable environnementale qui a le plus évolué au cours des dernières décennies (Diaz *et al.*, 1995).

La fluctuation de l'oxygène dissous lors de la période d'étude a été très variable, les concentrations élevées mesurées à la saison hivernale et printanière peuvent être expliquées par la poussée phytoplanctonique qui a provoqué un apport d'oxygène endogène lors de la photosynthèse ce qui conduit au fait que l'oxygène est produit plus rapidement qu'il n'est évacué vers l'atmosphère, ce qui pourrait engendrer des sursaturations temporaires considérables en milieu côtier (Aminot et Kérouel, 2004).

La forte oxygénation notée en période hivernale s'expliquerait par la baisse des températures et la forte agitation mécanique de la surface de l'eau provoquée par les vents. D'après Hébert *et al.*, (2000) une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude.

La température est selon Wu *et al.*,(1996), est un facteur dominant dans le contrôle de la concentration de l'oxygène dissous dans l'eau ; toutefois, la teneur en oxygène dissous serait la résultante d'un grand nombre de facteurs biotique et abiotique ; elle dépendrait de l'activité biologique du milieu, c'est-à-dire l'équilibre entre : la photosynthèse, la respiration, les vents et la température (Kattabi, 2002).

En période estivale, le taux d'oxygène dissous baisse à cause non seulement de l'augmentation de la

température mais aussi à cause de la respiration des organismes aquatiques et au calme hydrodynamique, qui empêche le brassage de l'eau (**Lacaze et al., 1996**). A cela s'ajoute la dégradation bactérienne des détritiques qui consomment énormément d'oxygène, à raison de 1g d'O<sub>2</sub>/Kg de matière sèche selon **Belaud, (1996)**. Les concentrations de l'oxygène dissous dans les six stations d'étude sont proches à ceux de (**Boumaza et al., 1995; Chahrour, 2013; Boutabia, 2016; Amri, 2018**).

Le pH de l'eau peut influencer de nombreux processus chimiques ou biologiques en régulant d'une part les concentrations ou la spéciation d'espèces mineures, d'autre part les réactions enzymatiques sont très sensibles aux variations de ce facteur (**Knutzen, 1981; Hinga, 2002**). La fluctuation du pH des eaux des stations d'étude peut être expliquée par divers processus comme la poussée du phytoplancton consommatrice du CO<sub>2</sub>, la minéralisation de la matière organique productrice du CO<sub>2</sub>, le mélange avec les eaux douces, l'accumulation de la matière organique d'origine continentale et la contamination par des rejets agricoles, urbains ou industriels (**Dussart, 1966; Aminot et Kérouel, 2004**). Il a une action directe sur la disponibilité des ions métalliques dans l'environnement marin et donc sur le taux de leur accumulation par les organismes tout en modifiant la forme du métal et en agissant sur la physiologie des organismes (**Bryan et al., 1979**). Les métaux lourds peuvent être mobilisés en cas de modification des conditions environnementales. Il existe un pH au-dessus duquel les métaux sont brusquement relargués ; ce pH est différent selon le métal considéré. Le pH, en plus de réguler les concentrations ou la spéciation d'espèces mineures telles que les métaux, il exerce une régulation des réactions enzymatiques (**Aminot et Kérouel, 2004**).

Le pH de l'eau de mer résulte de sa composition ionique et essentiellement de la présence de carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) entre l'eau et l'atmosphère, ainsi que la dissolution du calcaire ; Le système des carbonates comprend en solution le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'hydrogénocarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et le carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) pour une concentration totale d'environ 2 à 2.5 μmol/l dans l'eau de mer (**Copin-Montegut, 1996; (Aminot et Kérouel, 2004)**).

En mer le pH reste ainsi tamponné dans une fourchette de l'ordre de 8 à 8,3 ; Cependant, il peut être affecté par des processus naturels comme la pousse du phytoplancton consommatrice du CO<sub>2</sub>, la minéralisation de la matière organique productrice du CO<sub>2</sub>, du mélange avec les eaux douces, l'accumulation de la matière organique d'origine continentale et la contamination par des rejets urbains ou industriels (**Aminot et Kérouel, 2004**).

Le pH des six stations est basique du fait qu'il varie entre 8,23 et 9,76. Selon **Barnabé (1991)**, les eaux côtières méditerranéennes ont un pH qui varie entre 7,9 et 8,3. Les eaux de Calvi et Toulon présentent aussi un pH basique qui varie entre 8,20 et 8,25 (**Kantin et al., 2007**). Aussi pour les eaux du golfe

d'Annaba varie entre 0 et 15 nos résultats sont proche à ceux de **(Boutabia, 2016 ; Bouzenda et al, 2017 ; Amri, 2018)**.

La salinité de la mer méditerranéenne est comprise entre 38 - 39 ‰, en comparaison à la mer rouge (36 - 47 ‰), la mer Baltique (15 ‰) et la mer Noire (18 – 22 ‰) **(Aminot et Kérouel, 2004)**. Au niveau des eaux côtières, la salinité peut être très variable, de faibles valeurs peuvent être rencontrées au large des estuaires **(Lacaze, 1993; Ramade, 1993)**. La faible valeur enregistrée en période printanière semble être due aux phénomènes de dilution suite à l'intrusion d'eau douce **(Amri, 2018)**.

La salinité explique la chlorosité de l'eau qui est le pourcentage de chlorure dans l'eau. Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables dont l'origine peut être une percolation à travers les terrains salés, des infiltrations des eaux marines dans les nappes phréatiques ou profondes, des rejets humains (urines), des industries extractives (industries pétrolières, houillères...) et surtout les industries de sel (saline), de la soude et de la potasse **(Bremond et al., 1979)**.

Dans cette étude la salinité de l'eau variée légèrement d'un site à l'autre et d'une saison à l'autre. Les teneurs saisonnières minimales sont enregistrées le plus souvent en printemps, cette baisse de la salinité est due principalement à la chute de la température et à l'arrivée des eaux douces continentales qui sont en liaison avec l'abondance des pluies qui diluent l'eau de mer. Alors que les salinités saisonnières les plus élevées ne sont pas notées en été mais plutôt en automne ceci suggère que l'intrusion d'eau salée entraînée par les courants venant du large prédominerait au moment des prélèvements biaisant ainsi les résultats. **(Boutabia, 2016)**.

En milieu côtier les MES sont le plus souvent liées aux apports continentaux de matériel solide, mais, elles pourraient avoir pour origine des rejets urbains ou industriels chargés en particules, où bien provenir de la remise en suspension, par la houle et les courants des marées, des dépôts sédimentaires et parfois en relation avec des poussées phytoplanctoniques intenses engendrées par les apports nutritifs continentaux **(Aminot et Kérouel, 2004)**. Les teneurs les plus élevées en MES relevées en période hivernale cela peut être expliquée par les conditions climatiques illustrées à cette période de l'année par de fortes précipitations et l'augmentation d'apports continentaux **(Boutabia, 2016)**. La forte présence de MES dans la station S3, elle serait liée, aux apports continentaux, mais surtout à l'importance des apports, tout au long de l'année, des rejets domestiques dont cette zone est le réceptacle. Les teneurs en MES relativement élevées au niveau de la station S3 aura pour effets de provoquer l'élongation des feuilles qui arrivent à la surface de l'eau pour rechercher la lumière, car la plante est photophile **(Boutabia, 2016)**. Ces modifications altèrent l'équilibre entre le taux de sédimentation et la croissance verticale des rhizomes qui y répond. Une accumulation excessive de sédiment détermine le recouvrement des apex végétatifs de *P. oceanica* ; si le taux de sédimentation dépasse 5-7cm/an, les

points végétatifs meurent (**Boudouresque et al., 1984**); inversement, si ce taux est nul ou négatif (départ de sédiment), les rhizomes se déchaussent ; ils deviennent alors très sensibles à la cassure (hydrodynamisme, ancrés, chalutages, etc.) (**Boudouresque et al., 1984**).

**Tableau 44:** Comparaison des paramètres physicochimiques des eaux côtières Algérienne.

Sites	T (°C)	pH	Salinité	Oxygène dissous	Références
<b>Le golfe d'Annaba</b>	14,1 - 25,8	-	35,1 - 38,1	-	Frehi <i>et al</i> (2007)
	14,6 - 26,8	-	36,4 - 37,7	-	Boumaza (2014)
	14,1 - 28,6	-	35,5 - 38,1	-	Hadjaji <i>et al</i> (2014)
	12-28	-	23 - 37,9	-	Ounissi <i>et al</i> (2014)
	14-28	7,6 - 8,8	37 - 39	2-12	Kadri <i>et al.</i> (2015)
	10,09 - 29	7,67 - 7,8	36 -37	6,60 - 6,92	Hidouci (2015)
	12-28	7,5 - 8,5	34 -38	5-15	Boutabia (2016)
	12,1- 28,8	-	26,6 - 39,9	2,8 - 15,2	Bouzenda <i>et al.</i> (2017)
	13,9 - 29,43	8,03 - 9,36	24 - 36,27	0 - 11,11	Amri (2018)
		<b>14,4- 31,9</b>	<b>8,23- 9,76</b>	<b>28- 37,9</b>	<b>7,37- 12,33</b>
<b>Le golfe de Skikda</b>	13 - 23,9	7,27 - 8,5	33,2 - 39,3	5,11 - 7,79	Bouhayene (2015)
<b>Le golfe d'Alger</b>	14,5 - 21	7,39 - 8,29	35,1 - 36,78	6,43 -10,63	Bachari-Houma (2009)
	22	-	36,4	7,2	Grimes (2010)
<b>Le golfe d'Oran</b>	16,3 - 30,67	7,45 - 8,1	36,17 -37,67	2 - 6,5	Rouane-Hacene (2013)
	16,33 - 29,33	7,46 - 8,04	36,17 - 37,67	2,33 - 5,77	Rouane-Hacene (2017)

### Paramètres dosés au laboratoire

Dans les conditions les plus couramment rencontrés dans les milieux marins, les nutriments ne sont pas directement toxiques pour les espèces qui y vivent, toutefois ils peuvent être à l'origine des nuisances indirectes telles que l'eutrophisation et l'anoxie du milieu marin (**Le Pape et al., 1996**).

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux, il traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique, il peut avoir pour origine : la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine et les rejets industriels (**Rodier et al., 1984**).

Les résultats obtenus traduisent une forte richesse des eaux côtières du golfe d'Annaba dans la période hivernale, exactement dans la station S3 paraît être plus directement soumise aux polluants.

Ces constatations soulignent l'importance de l'enrichissement continental induit par les apports terrestres, cela a été aussi observé par **Ounissi et al., (2014)** et **Ziouch, (2014)** qui ont indiqué des

concentrations en  $\text{NH}_4^+$  comprises entre 200 - 260  $\mu\text{M}$  au niveau des embouchures d'El-Mafrag, (**Amri, 2018**). Les ions ammonium interviennent à plusieurs niveaux dans le cycle de l'azote. Ils sont assimilés en tant que nutriments par les végétaux aquatiques (algues) et par certaines bactéries participant ainsi à leur prolifération. En outre, ces ions sont formés par dégradation de l'azote organique présent dans l'eau ou par excrétion directe par les poissons et certains invertébrés. Du fait du caractère acide de l'ion ammonium, il existe toujours dans l'eau un équilibre avec sa forme basique  $\text{NH}_3$  (ammoniac).

Cette forme est toxique (pour les poissons) du fait de la présence d'un doublet non liant, capable de se lier aux éléments biologiques accepteurs d'électrons, pour former des complexes pouvant perturber le métabolisme. L'effet toxique se manifeste à partir d'une concentration en ammoniac de 0,07 mg.  $\text{L}^{-1}$  en exposition continue pour laquelle on observera, entre autres, un retard de croissance chez certains êtres vivants ayant été mis en contact d'une quantité supérieure ou égale à cette valeur seuil (**Rodier, 2009**).

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, ils se trouvent naturellement dans les eaux, ils ne sont pas toxiques, mais participent à d'importants phénomènes d'eutrophisation (**Lacaze, 1993; Ramade, 1993**). Ils proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant, la nature des zones de drainage joue un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrate (**Rejsek, 2002**). Il convient de noter que la période d'apport joue un rôle considérable en hiver du fait des basses températures et du faible éclaircissement, la production biologique est faible. Une bonne partie des apports d'un fleuve se diluera en mer sans être consommée (**Leveau et al., 1988**). L'évolution des nitrates dans les eaux du Golfe est dominée par deux grandes variations saisonnières : teneurs basses en été et élevées en hiver. La présence de fortes teneurs en nitrates serait la résultante de l'activité anthropique. Selon **Bremont et al., (1979)**, des teneurs supérieures à 12  $\mu\text{g/L}$  de nitrate seraient directement liée à l'activité anthropique. Les nitrites s'oxydent facilement en nitrates, de sorte que leur concentration dans les eaux naturelles est rarement élevée. Les nitrites peuvent être dangereux tant à court terme qu'à long terme, ils sont considérés comme des agents mutagènes potentiels vis-à-vis des organismes (**Rejsek, 2002**). Leur présence au niveau des eaux du golfe d'Annaba reste relativement faible dans l'ensemble des stations d'échantillonnage comparée aux autres sels nutritifs dosés (**Amri et al., 2017**). Le phosphore inorganique dissous est représenté quasi exclusivement par les orthophosphates, ce dernier joue un rôle dans la productivité aquatique ( **Aminot et Kérouel, 2004; Nouredine, 2013**).

Habituellement, ils proviennent pour une bonne partie des eaux de ruissellement, qui entraînent les engrais d'origine agricole et les sous-produits domestiques, aussi le sédiment est une source de relargage imprévisible (**Draredja, 2007**). Au niveau des eaux du golfe, les orthophosphates représentent des concentrations élevées en hiver, le maximum de la concentration de ce paramètre est observé dans la

station S3 Cela s'expliquerait par l'importance des apports domestiques et surtout du fait qu'à cette période de l'année le brassage des eaux, sous l'action des vents qui sont parfois violents, permet un relargage important du phosphore à partir du sédiment. Comme le rapporte (**Despreaux, 1990**), les sédiments fins agiraient comme accumulateurs de cet élément dans les conditions oxydantes habituelles pour le relarguer en quantités importantes si le milieu devient réducteur (**Boutabia, 2016**). Toutefois, les teneurs les plus faibles sont enregistrées à la fin du printemps et au début de l'été ; ceci correspondrait, comme l'a suggéré (**Dakki, 2003**) à la période de reprise de l'activité micro-algale et correspondraient à la forte consommation par le phytoplancton (**Sane, 2006**).

Les éléments nutritifs cités ci-dessus sont comparés avec les travaux déjà réalisés, nous ont permis de constater des résultats plus ou moins similaires comparés avec les travaux déjà réalisés au niveau du golfe d'Annaba (**Tab. 45**). Cependant, elles sont plus importantes comparées avec celles réalisées au golfe d'Alger et d'Oran. Tous les éléments chimiques qu'ils soient naturels ou anthropiques sont transmis aux zones côtières via les fleuves, les ruissellements et l'atmosphère (**Roy-Barman et al., 2011**).

**Tableau 45:** Comparaison des concentrations des éléments nutritifs des eaux côtières Algérienne.

Sites	L'ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μmol/l)	le Nitrite NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	Le nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	L'orthophosphate PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (μmol/l)	Références
Le golfe d'Annaba	14,4	0,8	12	6,8	Ounissi <i>et al.</i> (1998)
	0 - 111	-	0-70	0 -100	Ounissi et Frehi (1999)
	5,06 - 272,8	-	0,03 - 58,37	0 - 5,94	Frehi <i>et al.</i> (2007)
	0 - 110	-	0 - 65	-	Hadjadji <i>et al.</i> (2014)
	2,8 - 18	0 - 5	1-18-	01-juil	Ziouch (2014)
	0,01 - 1	0,01 - 0,35	1-17-	0,01 - 0,75	Boutabia, (2016)
	3,62 - 106,69	0,03 - 4,55	1,40 - 29,14	0,37 - 12,18	Amri (2018)
	<b>1,97-0,7</b>	<b>0,6-1,49</b>	<b>1,7-9,46</b>	<b>0,31-0,12</b>	<b>Présent travail</b>
Le golfe d'Alger	9,06	0,04 - 0,22	0,03 - 0,4	0,05 - 0,8	Bachari Houma (2009)
Le golfe d'Oran	0,16 - 0,96	0,16 - 0,64	16 - 48,38	0,16 - 2,58	Rouane-Hacene (2013)
	0,71 - 4,28	0,21 - 1,08	18,87 - 43,06	1,10 - 1,08	Rouane-Hacene (2017)

## ETM dosés par la SAA

L'accumulation des ETM diffère selon les littoraux, cette différence peut être due au lieu des mers qui a une relation très étroite avec l'hydrodynamisme et l'enclavement des masses d'eaux, et aussi au nombre d'industries à proximité. En outre les niveaux mesurés dans l'eau dépendent des variations saisonnières et de la profondeur du prélèvement.

Dans notre étude les résultats montrent que la concentration du Zn au niveau des six stations d'étude S1, S2, S3, S4, S5 et S6 présentent un maximum de 120,66 µg/l et un minimum 60,33 µg/l. Les valeurs de nickel enregistrés dans les eaux du golfe sont entre de [5,05µg/l et 1,86µg/l] ou [1860 ng/l et 5050 ng/l] dépassent les valeurs de Ni dosés en Méditerranée : (**Spivack et al., 1983**) signalent 130 à 260 ng/l ; **Boyle et al., (1985)** trouvent des concentrations de l'ordre de 240 à 300 ng/l dans le Golfe du Lion, **Zhang et al., (1990)** , les teneurs en Ni sont de l'ordre de 240 à 480 ng/l ; Nos résultats corroborent avec ceux de **Boutabia, (2016)**, dont les valeurs sont (1650 ng/l à 5050 ng/l).

Les valeurs des ETM les plus élevés se trouvent principalement au niveau des stations S3, S4 et S5 par rapport aux autres stations d'échantillonnage. La plus grande partie du Zn et Ni se regroupe dans la station S4, la station S5 renferme plus de Cu et la station S3 regroupe plus le chrome. Pour la station S4 elle est située en zone préurbaine, pas trop distante du port d'Annaba (source des polluants industriels 'FERTIAL'), elle reçoit les eaux de fuite des quartiers d'Annaba, les rejets urbains d'un délicat verset de la ville. La station S5 est caractérisée par la présence d'une centrale électrique en périphérie de la station, celle-ci génère des perturbations causées par les fonctions de constructions. La station S3 caractérisée par une grande pression anthropique à cause de l'activité humaine intense et continue toute l'année. Les valeurs des ETM les plus faibles sont enregistrés au niveaux de la station S1 ayant le risque le plus faible de pollution en raison de sa position éloignée et du fait qu'elle soit moins accessible que les autres stations, et la station S6 qu'elle est éloignée de toute activité urbaine ou industrielle.

Les ordres d'enrichissement des ETM pour les six stations d'échantillonnage sont présentes dans le tableau (**Tab46**).

**Tableau 46:** Ordre d'enrichissement des six stations d'étude pour chaque métal mesuré dans les eaux du golfe d'Annaba.

ETM	Concentration Max ( $\mu\text{g/l}$ )	Concentration Min ( $\mu\text{g/l}$ )	Ordre d'enrichissement
Zn	120,66 $\pm$ 0,33	60,33 $\pm$ 0,33	S4>S3>S5>S6>S2>S1
Ni	5,05 $\pm$ 0,01	1,86 $\pm$ 0,03	S3>S5>S4>S2>S6>S1
Cu	17,06 $\pm$ 0,06	9,26 $\pm$ 0,14	S4>S3>S5>S2>S1>S6
Cr	2,93 $\pm$ 0,03	1,43 $\pm$ 0,03	S5>S3>S4>S2>S6>S1

Dans les stations d'échantillonnage l'ordre d'enrichissement des ETM est le suivant : Zn >Cu>Ni>Cr.

**Tableau 47 :** Ordre d'enrichissement des ETM des eaux du golfe d'Annaba.

Stations	Ordre d'enrichissement
S1	Zn >Cu>Ni>Cr
S2	Zn >Cu>Ni>Cr
S3	Zn >Cu>Ni>Cr
S4	Zn >Cu>Ni>Cr
S5	Zn >Cu>Ni>Cr
S6	Zn >Cu>Ni>Cr

Les facteurs susceptibles de mettre en cause cette différence sont d'ordre physique et chimique. Il s'agit en l'occurrence de l'enrichissement intermittent des eaux marines en éléments minéraux notamment en chlorures, calcium..., et de la présence de courant qui s'opère dans le Golfe. Le comportement de la fraction métallique associée aux eaux est contrôlé par des phénomènes chimiques de désorption et d'adsorption. Le changement du potentiel d'oxydoréduction suite à une baisse d'oxygène dissous peut entraîner une dissolution des hydroxydes de fer. Enfin une légère baisse du pH par les rejets acides pourra aussi provoquer un relargage des métaux dans le milieu aqueux. Toutes ces conditions se traduisent bien évidemment d'un appauvrissement ou d'un enrichissement des eaux superficielles (**Boutabia, 2016**).

L'évaluation de la pollution chimique dans le golfe d'Annaba a toujours été basée sur la bio surveillance passive en utilisant des organismes marins côtiers sessiles (**Belabed et al., 2013; Bensafia et al., 2018**) ou sédentaires (**Beldi, 2006; Amri, 2018**) comme modèles biologiques sentinelles. Ainsi, une large base de données sur la pollution par les métaux lourds dans le golfe d'Annaba est désormais disponible grâce aux différentes études réalisées sur de nombreuses taxons zoologiques bioindicateurs (mollusques (**Beldi, 2006; Abdennour et al., 2010; Belabed et al., 2013; Boucetta et al., 2016; Amira, 2018; Bouzahouane**

*et al.*, 2018) crustacés: (**Abdenmour et al.**, 2000), poissons: (**Ouali et al.**, 2018) et spongiaires: (**Bensafia et al.**, 2018)).

Cependant, la plupart de ces données restent incertaines notamment celles concernant les sources de pollution et les zones les plus contaminées du golfe en raison des nombreuses variables (potentialités des espèces, âge, biodisponibilité des ETM) qui pourraient affecter les résultats obtenus (**Belabed et al.**, 2013).

L'accumulation des ETM peut provoquer de sérieux problèmes dans l'environnement. Cette contamination pourrait affecter la qualité de l'eau, la bio assimilation et bioaccumulation de ces métaux lourds dans les organismes aquatiques (**Bodiguel**, 2008). Ces derniers sont capables d'éliminer une certaine partie via l'excrétion et la métabolisation, mais au-delà d'une certaine quantité, les métaux s'accumulent dans les organismes et tout au long de la chaîne alimentaire, atteignant des concentrations pouvant menacer la survie de certaines populations naturelles et présenter des dangers pour la santé humaine.

Malgré les précautions prises lors de l'échantillonnage et des traitements préparatoire et analytique, des contaminations accidentelles ainsi que des pertes par évaporation peuvent intervenir. De plus, des difficultés sont souvent rencontrées lors de la minéralisation d'un matériel végétal, dans la mesure où celle-ci peut ne pas être complète (**Bougerol**, 1993). Parmi les diverses substances chimiques provenant des rejets industriels, agricoles et des eaux usées domestiques, et qui polluent l'environnement marin, les métaux lourds ont un retentissement écologique considérable (**Sahnoun**, 2009). Cette pollution métallique des eaux littorales peut se traduire par une bioaccumulation plus au moins importante des ETM. Ces derniers peuvent nous renseigner sur la contamination des milieux dans lequel ils évoluent. Les métaux lourds dosés dans les feuilles adultes de *P. oceanica* et ses épiphytes du Golfe d'Annaba montrent que l'accumulation des ETM dans la plante et ses épiphytes varie en fonction de la saison, la station, l'environnement, du métal et du tissu. En parlant des feuilles adultes de *P. oceanica* du golfe d'Annaba, les teneurs des ETM montrent des valeurs comprises entre 11,4 et 56,39 µg/g de ps pour Zn, 1,13 et 9,33 µg/g de ps pour Cu, 3,77 et 24,08 µg/g de ps pour Cr, 14,42 et 23,86 µg/g de ps pour Ni, et entre 1,45 et 1,74 µg/g de ps pour Cd. Notons que ces ETM s'accumulent selon l'ordre suivant Zn > Cr > Ni > Cu > Cd. C'est le cas aussi pour les épiphytes des feuilles de *P. oceanica* que les teneurs des ETM présentent une variation des valeurs, elles sont comprises entre 13,23 et 75,53 µg/g de ps pour Zn, 1,08 et 3,69 µg/g de ps pour Cu, 8,38 et 28,12 µg/g de ps pour Cr, 31,24 et 35,75 µg/g de ps pour Ni, et entre 1,48 et 1,69 µg/g de ps pour Cd. Notons aussi que leur accumulation suit l'ordre suivant : Zn > Ni > Cr > Cu > Cd. Le changement de concentration des ETM entre les feuilles adultes de la plante et les épiphytes des feuilles de *P. oceanica* varie selon le tissu. D'après (**Brinkhuis et al.**, 1980) les macrophytes marines

absorbent les métaux soit à travers la surface de leurs feuilles (par absorption directe à partir de l'eau), soit à travers leurs racines (à partir du sédiment et de l'eau interstitielle).

Les teneurs des ETM dosées dans les épiphytes sont supérieures à celles dosées au niveau des feuilles adultes de *P. oceanica* dans toutes les stations pendant les quatre saisons sauf pour le Ni qui est peut-être absorbé à partir du sédiment et de l'eau interstitiel. Ces données nous poussent à penser qu'il existe deux façons d'absorption des ETM une directe à partir de l'eau de mer, les métaux sont donc directement absorbés par les épiphytes puis par les feuilles de *P. oceanica*, et une à partir du sédiment et de l'eau interstitielle, c'est là que les teneurs des ETM chez les feuilles adultes sont supérieures à celles des épiphytes.

On remarque que le zinc enregistre les teneurs les plus élevées et le cadmium les teneurs les plus basses chez les feuilles adultes de *P. oceanica* et ses épiphytes.

Pour les épiphytes, nos résultats concernant les ETM : Zn, Ni, Cu, Cd et Cr sont confortés par ceux de nombreux auteurs qui rapportent le gradient de concentration suivant : Zn > Ni > Cu > Cd > Pb > Cr (**Pergent-Martini, 1994; Warnau et al., 1995; Schlacher-Hoenlinger et al., 1998; Campanella et al., 2001; Conti et al., 2010; Luy et al., 2012**). Alors que pour les feuilles adultes de *P. oceanica* on observe un gradient différent de celui de ces auteurs : Zn > Cr > Ni > Cu > Cd.

Au niveau du golfe d'Annaba, le stockage des métaux lourds dans les feuilles adultes de *P. oceanica* et ses épiphytes se fait selon l'ordre suivant : feuille adultes < épiphytes pour le zinc, feuille adultes < épiphytes pour le chrome, feuille adultes < épiphytes pour le nickel, épiphytes < feuilles adultes pour le cuivre, épiphytes < feuilles adultes pour le cadmium. D'après ce classement on peut déduire que chaque élément se comporte différemment de l'autre.

Les variations saisonnières des teneurs en zinc et en cuivre chez les phanérogames marines en général et chez *P. oceanica* en particulier ont déjà été rapportées, notamment par **Lyngby et al., (1982); Malea, Paraskevi et al., (1989); Malea, (1994) et Prange et al., (2000)**.

La concentration du zinc, chrome et nickel est importante au niveau des épiphytes beaucoup plus comparé à celle des feuilles adultes de *P. oceanica* qui ont une accumulation très éminente du cuivre et cadmium comparé aux épiphytes. L'étude des teneurs en zinc dans les feuilles adultes de *P. oceanica* et les épiphytes dans le golfe d'Annaba montre le même comportement en fonction des saisons, un maximum marqué en hiver et printemps et un minimum enregistré en été et automne. Selon **Schlacher-Hoenlinger et al., (1998)**, la concentration du zinc par les feuilles adultes de *P. oceanica* est plus importante que celle du cuivre ; ces auteurs expliquent cela par la spécification des tissus photosynthétiques des feuilles. En ce qui concerne le cuivre, sa faible concentration dans les feuilles adultes peut s'expliquer par le fait qu'il soit utilisé dans l'activité métabolique entrant dans le processus de croissance des autres feuilles (feuilles

intermédiaires et juvéniles) ; de ce fait, le cuivre est utilisé là où on a le plus besoin. (Romero *et al.*, 1992) Nos résultats corroborent avec ceux de Schlacher-Hoenlinger *et al.*, (1998); Richir, (2007) et Boutabia, (2016).

**Tableau 48:** Concentrations des ETM dans les feuilles adultes de *P. oceanica* dans les différentes régions de la Méditerranée.

Sites d'échantillonnage	Zn ( $\mu\text{g/g}$ de ps)	Cu ( $\mu\text{g/g}$ de ps)	Cr ( $\mu\text{g/g}$ de ps)	Ni ( $\mu\text{g/g}$ de ps) Ni	Référence
Le golfe d'Annaba	<b>56,39 <math>\pm</math> 0,71</b>	<b>9,33 <math>\pm</math> 0,02</b>	<b>24,08 <math>\pm</math> 0,3</b>	<b>23,86 <math>\pm</math> 0,14</b>	<b>Présent travail</b>
	32,23 $\pm$ 0,23	2,37 $\pm$ 0,35	16,24 $\pm$ 0,30	29,43 $\pm$ 0,71	Boutabia (2016)
Ischia, Italy	167	14	-	-	Schlacher-Hoenlinger and Schlacher (1998)
Antikyra Gulf, Greece	27,1–97,7	2,8 - 148	-	-	Malea <i>et al.</i> (1993)
Sicily, Italy	70,9 $\pm$ 31,2	11,7 $\pm$ 4,58	0,11 $\pm$ 0,03	-	Conti <i>et al.</i> (2010)
Sounion, Greece	133 $\pm$ 38	10,9 $\pm$ 2	5,46 $\pm$ 2,47	24,5 $\pm$ 14	Sanz-L'azaro <i>et al.</i> , (2012)

Après avoir réaliser le dosage des métaux lourds dans les feuilles adultes et les épiphytes, nous avons constaté qu'il est possible d'éviter de prélever la totalité de la plante. En effet, il suffit simplement de couper la partie occupée par les épiphytes et d'utiliser ces derniers comme bioindicateurs de la pollution marine, plutôt que de collecter l'intégralité de la plante. Cela est d'autant plus important étant donné que cette plante est protégée par la loi algérienne.

## Identification des principales espèces d'épiphytes des herbiers à *P. oceanica*

Chaque saison durant l'année 2021 et pour les six stations d'étude du golfe d'Annaba, nous avons identifié 13 espèces de faune et de flore épiphytiques des feuilles de *P. oceanica*. Elles appartiennent à cinq groupes taxonomiques différents dont les plus dominants sont les Bryozoaires : comme (*Electra posidonia*), les Hydrozoaires comme (*Diphasia attenuata et Amphibetia operculata*) et les Mollusques comme (*Balanus perforatus et Columbella rustica*). Ces espèces sont les plus répandues dans le golfe d'Annaba : elles occupent presque la moitié de la surface des feuilles de *P. oceanica*, et sont trouvées dans toutes les stations (S1, S2, S3, S4, S5 et S6) et à toutes les différentes profondeurs d'échantillonnage (0,2 et 5,2 mètres). D'autres groupes beaucoup moins répandus ont également été identifiés. Il s'agit, des polychètes et des macro-algues.

Les indices écologiques indiquent qu'il existe une grande diversité épiphytiques sur les feuilles de *P. oceanica* dans les stations S2, S3 et S4, où les éléments nutritifs atteignent leur maximum. Les stations présentant une eutrophisation élevée ont une grande abondance d'épiphytes. Cela entraîne une augmentation du pourcentage d'épiphytes, ce qui affecte le rendement chlorophyllien de la plante et perturbe la photosynthèse de *P. oceanica*.

## Les paramètres phénologiques

Selon les résultats obtenues dans le golfe d'Annaba, la variation du nombre moyen des feuilles globales de *P. oceanica* au cours des saisons serait liée à la quantité de lumière disponible et à l'hydrodynamisme (**Rico-Raimondino, 1995; Ferrari, 2006**). Dans notre étude, nous avons constaté que la plus grande proportion du nombre moyen de feuilles globales de *P. oceanica* est enregistrée au niveau de la station S6 dans la saison d'automne car la majorité des échantillons ont été prélevée à des profondeurs supérieures à 4m, où l'hydrodynamisme est y modéré. Alors que la valeur minimale est enregistrée au niveau de la station S4 en automne où l'échantillonnage a été fait à des profondeurs moins de 2m donc plus exposées au hydrodynamisme. Ces conditions accentuent le rythme de chute des feuilles de l'herbier et en conséquence une réduction de leur nombre par faisceau (**Buia et al., 1992; Sánchez-Lizaso, 1993**). Nos résultats sont proches à ceux de **Pergent et al (1988)** qui signalent que le maximum de ce nombre est atteint en automne. A l'inverse de **Molinier et al (1962); Thelin et al (1984); Rico-Raimondino (1995)** qui indiquent que le maximum de ce nombre est atteint en printemps, la diminution du nombre de feuilles globales de *P. oceanica* en période automnale dans la station S4 serait liée à l'exposition à un fort hydrodynamisme dans cette station d'étude. Le nombre moyen de feuilles globales est inférieur à celui obtenu par **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem et **Bouchher (2014)** au niveau des Côtes de Mostaganem et supérieur à celui obtenu par **Chahrouh (2013)** dans la côte occidentale d'Oran.

En comparant le nombre moyen des feuilles adultes par saison on remarque que les plus élevées sont celle récupérées en période automnale dans la station S6 (L'échantillonnage se fait à des profondeurs supérieures à 4m), à cause de la réduction de l'hydrodynamisme dans cette station par rapport aux autres stations et périodes. De plus, **Caye et al (1983)** estiment que l'allongement des feuilles de Posidonies est plus rapide en novembre et décembre par rapport aux autres périodes, le minimum de ce nombre est signalé dans la station S4, dans la saison hivernale à cause de l'augmentation de l'hydrodynamisme ou l'échantillonnage se fait à une faible profondeur, Cette disparité est toujours liée au rythme de chute des feuilles qui est influencé par l'hydrodynamisme (**Boudjela, 2015**). Nos résultats montrent également que le nombre moyen des feuilles adultes est inférieur à celui trouvé par **Bouchher (2014)** au niveau du Côté de Mostaganem et **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem et supérieurs à celui trouvé par **Chahrour (2013)** et **Chahrour et al (2013)** dans la côte d'Oran et par **Boudjela (2015)** à la côte ouest algérienne.

Le nombre moyen des feuilles intermédiaires reste relativement faible quel que soit la période de l'année et le site considéré, par rapport à celui des feuilles adultes (**Giraud, 1979**). Le nombre moyen des feuilles intermédiaires est maximale dans la station S1 en hiver et minimale dans la station S6 en été, nos résultats s'accorde avec ceux de **Boudjela (2015)** la côte ouest algérienne, **Gobert (2002)** à la Baie de la Revellata-calvi (Corse), **Lotfi (2012)** au niveau des côtes de Tunisie, **Chahrour (2013)** dans la côte occidentale algérienne Oran et **Khodja (2013)** cap blanc (Algérie).

La variation saisonnière du nombre moyen des feuilles juvéniles par faisceau pour l'ensemble des stations un maximum enregistré en été dans la station S1 et un minimum enregistré en printemps au niveau de la station S1, les feuilles juvéniles de posidonie apparaissent toute l'année, avec un maximum en automne et un minimum entre l'hiver et le printemps (**Ott, 1980; Wittmann, 1984**) comme il a été souligné par **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem.

La longueur des feuilles globales est maximale en printemps dans la station S3 et minimale en hiver. Dans la station S4, la variation saisonnière de la longueur des feuilles globales peut s'expliquer par le rythme de la chute et de la formation des feuilles (**Sánchez-Lizaso, 1993**). Les feuilles adultes les plus longues apparaissent en saison printanière et les plus courtes en hiver. En effet, selon **Ott (1980); Caye (1989) et Wittmann (1984)**, le printemps correspond à la période, la plus favorable, à la croissance des feuilles et l'hiver à celle du ralentissement de cette croissance. Les valeurs obtenus des résultats de ce travail sont inférieures que celles trouvées par **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem et **Bouchher (2014)** au niveau du côté de Mostaganem.

Pour la longueur des feuilles adultes, la valeur maximale est signalée dans la station S3 au printemps ou l'hydrodynamisme dans cette station est modéré car c'est une plage semi-ferme comparé à d'autres

stations et la valeur minimale est signalé dans la station S2 en hiver ou l'hydrodynamisme est très fort dans cette saison. Les longueurs des feuilles de posidonie sont inférieure à celles obtenues par **Belbachir, (2012)** dans la région de Mostaganem et **Bouchher, (2014)** au niveau des côtes de Mostaganem.

Alors que la longueur moyenne des feuilles intermédiaires est toujours inférieure à celles des feuilles adultes au niveau des six stations d'étude, ceci s'explique par le fait que ces feuilles n'ont pas encore achevé leur croissance (**Rico-Raimondino, 1995**). Le maximum est obtenu dans le site S3 dans la période printanière et son minimum dans le site S5 dans la période estivale.

Les valeurs obtenues de la longueur des feuilles intermédiaires sont inférieures à celles obtenues par **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem et **Bouchher (2014)** au niveau des côtes de Mostaganem.

La longueur des feuilles adultes et intermédiaires présente d'importantes variations saisonnières dans les six stations, avec un maximum en printemps et un minimum en hiver ou en été. En effet, **Molinier et al.,(1962)** ; **Wittmann, (1984)** et **Caye, (1989)**, déduisent que le printemps est la saison favorable au développement végétatif de la plante.

La longueur moyenne des feuilles juvéniles est un paramètre souvent négligé dans le cadre de l'étude phénologique de *P. oceanica* son maximum est marqué dans la station S4 dans la période hivernale et son minimum est marqué dans la station S1 dans la période printanière, C'est la succession de génération qui est mise en évidence à travers le schéma inverse que représente la longueur moyenne des feuilles juvéniles par rapport à celle des feuilles adultes et intermédiaires (**Buia et al., 1992**). Les valeurs enregistrées durant cette étude sont supérieures à celles obtenues par **Bouchher (2014)** au niveau des côtes de Mostaganem, et inférieure à celles obtenues par **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem.

La largeur moyenne des feuilles de posidonie ne présente qu'une variation négligeable en fonction des saisons (**Drew et al., 1976; Bay, 1978; Ferrari, 2006**). Le maximum de ce paramètre présent dans la station S5 en été alors que son minimum est dans la station S6 pendant la période hivernale.

Selon la littérature, la largeur des feuilles varie considérablement en fonction de la localité (**Giraud, 1977; Giorgi et al., 1983; Pergent et al., 1988; Boumaza et al., 1995; Rico-Raimondino, 1995; Sghaier, 2006**). Alors les valeurs obtenues au cours du présent travail sont légèrement inférieures à celles obtenues par **Bouchher (2014)** au niveau du Côte de Mostaganem ; **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem ; **Chahrour (2013)** dans la côte d'Oran et supérieurs à celles obtenues par **Khodja (2013)** cap blanc (Algérie).

La largeur moyenne des feuilles adultes varie légèrement en fonction des saisons dans l'ensemble des stations, cette valeur est entre 1,05 cm dans le site S5 en été et 0,81 cm. Dans la station S6 en hiver, Les valeurs extrêmes (maximum et minimum) de la largeur des feuilles adultes coïncident avec celles des

feuilles globales des deux stations S5 et S6. Ces valeurs élevées pourraient correspondre à une réponse aux conditions environnementales particulières (teneur en éléments nutritifs, intensité lumineuse, hydrodynamisme...) (Sghaier, 2006).

Nos résultats sont inférieurs par rapport à celles trouvées par **Bouchher (2014)** au niveau du côté de Mostaganem, **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem et **Chahrour (2013)** dans la côte d'Oran. Le maximum de la largeur des feuilles de *P. oceanica* sont observés chez les feuilles intermédiaires avec un maximum dans la station S5 dans la saison d'été avec un minimum dans la station S6 dans la période hivernale. La variation de la largeur des feuilles intermédiaires est expliquée par l'influence des conditions environnementales : la profondeur, la salinité, la température ainsi que l'effet combiné de l'enrichissement en nutriments, de la turbidité et de l'hydrodynamisme (**Pergent-Martini, 1994**).

Les valeurs obtenues au cours de ce travail sont légèrement supérieures à celles obtenues par **Bouchher (2014)** au niveau du côté de Mostaganem, **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem **Chahrour (2013)** dans la côte d'Oran et **Khodja (2013)**.

La largeur moyenne des feuilles juvéniles diffère nettement d'un site à un autre son maximum est enregistré dans la station S5 dans la saison estivale alors que son minimum est enregistré dans la station S2 dans la saison printanière. Les valeurs extrêmes (maximum et minimum) de la largeur des feuilles juvéniles coïncident avec celle des feuilles intermédiaires. Les valeurs obtenues dans ce travail sont supérieures à celle obtenues par **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem et inférieures à celles obtenues par **Bouchher (2014)** au niveau du Côte de Mostaganem.

Les surfaces foliaires moyennes des feuilles globales par faisceau sont les plus importantes dans la saison de printemps par rapport aux autres saisons, Cette variation saisonnière est mise en évidence par **Ferrari (2006)**, cet auteur a observé une forte corrélation entre la longueur des feuilles de *P. oceanica* et leur surface foliaire. Nos résultats montrent que le maximum de la surface des feuilles de *P. oceanica* est de 289,26 cm<sup>2</sup> dans la saison de printemps exactement dans la station S3 et son minimum est de 95 cm<sup>2</sup> dans la saison d'hiver exactement dans la station S2 nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **Bouchher (2014)** dans la région de Mostaganem, **Chahrour (2013)** dans la côte d'Oran et **Khodja (2013)**, cap blanc (Algérie) et inférieurs à ceux obtenus par **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem.

Le coefficient A moyen des feuilles globales de *P. oceanica* varie en fonction des saisons, les valeurs les plus élevées du coefficient A des feuilles globales est de 80,79% sont enregistrées au niveau du site S4 pendant la saison de printemps quand le recouvrement épiphytique est à son maximum comme l'indiquent **Mazzella (1992)** et **Dauby et al.,(1993)** et les valeurs minimales de 0,4% sont enregistrées au niveau du site S6 en été. Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par **Chahrour**

(2013) dans la côte d'Oran, **Khodja (2013)** cap blanc (Algérie) ; **Belbachir (2012)** cap blanc (Algérie) et supérieurs à celle obtenues par **Bouchher (2014)** dans la région de Mostaganem.

Les fluctuations du coefficient A en fonction de la localité traduisent une pression de prédation et/ou des conditions hydrodynamiques différentes, il résulte d'une part de l'action de l'hydrodynamisme et d'autre part du broutage par les herbivores, comme le sparidé *Sarpa salpa* et l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* qui consomment les épiphytes des feuilles de *P. oceanica*. Nous confirmons par ces résultats les constatations de **Wittmann et al., (1981)**; **Pergent (1987)**; **Verlaque (1990)**.

Le coefficient A moyen des feuilles adultes atteint son maximum 100 % dans la station S2 en hiver et son minimum de 56,81 % dans la station S1 en automne. Nos résultats corroborent ceux de **Bouchher (2014)** dans la région de Mostaganem, **Chahrour (2013)** dans la côte d'Oran ; **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem et supérieurs à celle obtenues par **Khodja (2013)** cap blanc (Algérie).

Le coefficient A moyen des feuilles intermédiaires atteint son maximum 62 % dans la station S4 en printemps et son minimum est de 0 % dans la station S5 et S6 et en été. Nos résultats sont inférieurs à celle obtenues par de **Bouchher (2014)** dans la région de Mostaganem, **Chahrour (2013)** dans la côte d'Oran (cap carbon et Ain farnin) ; **Belbachir (2012)** dans la région de Mostaganem et supérieurs à celle obtenues par **Khodja (2013)** cap blanc (Algérie).

Le coefficient A des feuilles intermédiaires est relativement faible, par rapport à celui des feuilles adultes, car ces feuilles sont plus récentes et mieux protégées de l'action des consommateurs et de l'hydrodynamisme, du fait de leur position à l'intérieur du faisceau (**Mammeria, 2006**).

# Conclusion

## 5. Conclusion

L'objectif principal de cette étude est de faire un constat qui rend compte de l'état de santé des herbiers à *P. oceanica* présentés au niveau de six stations du golfe d'Annaba (Cap de garde, Ain achir, La caroube, Lever de l'aurore, Draouche, et Cap rosa).

Le suivi des paramètres physico-chimiques dans les eaux du golfe d'Annaba présente des variations de la température des eaux font ressortir deux grandes périodes thermiques, une période froide et une période chaude, le pH de l'eau est alcalin, la forte oxygénation est notée en période hivernale alors qu'en période estivale le taux d'oxygène dissous baisse. La salinité est plus au moins stable.

Les valeurs des ETM dans les eaux du golfe les plus élevées se trouvent principalement au niveau des stations S3, S4 et S5 par rapport aux autres stations d'échantillonnage. La plus grande partie du Zn et Ni se regroupe dans la station S4, la station S5 renferme plus de Cu et la station S3 regroupe plus de chrome. Les métaux lourds dosés dans les feuilles adultes de *P. oceanica* et ses épiphytes du Golfe d'Annaba montrent que l'accumulation des ETM dans la plante et ses épiphytes varie en fonction de la saison et la station. Les teneurs des ETM dosées dans les épiphytes sont supérieures à celles dosées au niveau des feuilles adultes de *P. oceanica* dans toutes les stations pendant les quatre saisons sauf pour le Ni. Pour le zinc, il présente les teneurs les plus élevées par rapport au cadmium qui a les teneurs les plus basses chez les feuilles adultes de *P. oceanica* et ses épiphytes.

Les teneurs en MES sont liées aux précipitations et l'augmentation d'apports continentaux, et à la remise en suspension des particules sédimentaires accumulées dans le sédiment par l'agitation mécanique de la colonne d'eau par les scooteurs et les barques à moteur ainsi que les baigneurs. La forte teneur en MES notée dans la station S3 serait à l'origine de l'élongation des feuilles de la posidonie qui arrivent à la surface de l'eau pour rechercher la lumière.

L'étude saisonnière des paramètres phénologiques de *P. oceanica* montre que le nombre de feuilles par faisceau, la longueur, la largeur des feuilles, la surface foliaire et le coefficient A ont des valeurs plus élevées en fin de printemps et en été ce qui pourraient être dues à l'augmentation de la température et de la luminosité, les faibles valeurs des paramètres phénologiques étudiées sont probablement dues à des effets anthropiques tels que les aménagements du littoral et produits chimiques provenant des zones agricoles limitrophes au site. Selon nos résultats, la plante *P. oceanica* présente un comportement normal par rapport aux paramètres mesurés.

Pour les différentes espèces d'épiphytes les plus répandues dans le golfe d'Annaba sont les *Bryozoaires* : comme (*Electra posidonia*), les *Hydrozoaires* comme (*Diphasia attenuata* et *Amphisbetia operculata*) et les Mollusques comme (*Balanus perforatus* et *Columbella rustica*).

Le pourcentage élevé d'espèces épiphytiques est marqué dans les stations S2, S3 et S4, où les éléments nutritifs présentent des valeurs maximales par rapport aux autres stations. La biodiversité épiphytique est liée à l'eutrophisation, les stations eutrophisées étant celles qui présentent le plus d'épiphytes.

En fin, cette étude constitue une donnée importante sur l'herbier de Posidonies du golfe d'Annaba. On estime que l'état de cet herbier est perturbé ces dernières années. On tire la sonnette d'alarme pour préserver l'herbier de posidonie afin d'éviter une dégradation totale de cette plante et de prévenir un état irréversible. Cela-dit, ce constat nous incite à fournir davantage d'effort et de recherche afin de préserver les différents herbiers du golfe d'Annaba.

En perspectives, il serait judicieux de :

- Exigé des études d'impact qui devraient accompagner toute demande de mise en place d'aménagements sur le littoral afin de préserver et conserver les herbiers de posidonie du golfe.
- Prevoir des études sur la bioaccumulation des ETM dans les herbivores tels que les animaux brouteurs de posidonie.
- Elargir la liste des ETM à doser d'autres métaux (Pb, Hg, As, Fe...) pour une meilleure évaluation du niveau de contamination de l'écosystème côtier.
- Le dosage des biomarqueurs tels que la métallothionéine.

# **Bibliographie**

## 6. References

- Abdenmour, C., Drif, F., Boulakoud, M. S., Ounissi, M. (2010).** Trace metals in the mussel *Donax trunculus* of Annaba estuaries, Algeria. *Oceanography*, 1(3), 15-20.
- Abdenmour, C., Smith, B., Boulakoud, M., Samraoui, B., Rainbow, P. (2000).** Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 432(1), 217-227.
- Alcoverro, T., Duarte, C. M., Romero, J. (1997).** The influence of herbivores on *Posidonia oceanica* epiphytes. *Aquatic botany*, 56(2), 93-104.
- Alcoverro, T., Pérez, M., Romero, J. (2004).** Importance of within-shoot epiphyte distribution for the carbon budget of seagrasses: the example of *Posidonia oceanica*.
- Amarouche, N. (2005).** Contribution à l'étude de l'accumulation et de la mémorisation des métaux tracés (Hg, Zn, et Cu) par *posidonia oceanica* (linnaeus) delile dans la baie de Bou Ismail. Alger.
- Aminot, A., Kérouel, R. (2004).** Caractéristiques physicochimiques majeures. *Hydrobiologie des écosystèmes marins: paramètres et analyses. Edition Ifremer, Brest*, 41-37.
- Amira, A., Merad, I., Almeida, C. M. R., Guimarães, L., Soltani, N. (2018).** Seasonal variation in biomarker responses of *Donax trunculus* from the Gulf of Annaba (Algeria): implication of metal accumulation in sediments. . *Comptes Rendus Geoscience*, 350(4), 173-179.
- Amri, S. (2018).** Utilisation de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) en tant que bioindicateur général de la qualité du milieu marin. (Doctorat), Université Badji Mokhtar Annaba
- Amri, S., Samar, M.-F., Sellem, F., Ouali, K. (2017).** Seasonal antioxidant responses in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816) used as a bioindicator of the environmental contamination in the South-East Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), 392-402.
- Ardizzone, G. D., Pelusi, P. (1984).** Yield and damage evaluation of bottom trawling on *Posidonia* meadows. Paper presented at the International workshop on *Posidonia oceanica* beds.
- Asso, A. (1982).** Contribution à l'étude de polluants métalliques chez la moule *Perna perna* (L.) dans la région d'Alger. France.
- Astier, J. (1972).** Régression de l'herbier de posidonies en rade des Vignettes à Toulon. *Ann. Soc. Sci. nat. Archéol. Toulon Var*, 27, 120-132.

- Aubert, M., Breittmayer, J. P., Revillon, P., Flatau, G., Aubert, J., Gauthier, M. (1983).** Métaux lourds en Méditerranée: Campagnes océanographiques du CERBOM 1965-1982; *P. Revillon; M. Gauthier; J. Ph. Breittmayer; J. Aubert; G. Flatau. 3e tome : CERBOM.*
- Aubert, M., Petit, L., Donnier, B., Barelli, M. (1973).** Transfer of metallic pollutants to land dwelling consumers by the marine medium.
- Augier, H. (1980).** Le port de porquerolles (iles d'hyeres, mediterranee, france). Ii: contamination par les metaux lourds.
- Augier, H. (1985).** L'herbier à *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur comme indicateur biologique de l'état de santé de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact. *Vie marine (Six-Fours-les-Plages)*, 7, 85-113.
- Augier, H. (1987).** Bio-indicateurs et indicateurs biologico-biochimiques en pollution marine. *Rev Int Oceanogr Méd*, 85-86.
- Augier, H., Boudouresque, C. (1969).** L'île de Port-Cros: enjeu et bilan d'un parc national sousmarin. *Annales de la Société des Sciences Naturelles et d'Archéologie de Toulon, Var*, 21, 110-133.
- Augier, H., Boudouresque, C. (1979).** Première observations sur l'herbier de posidonies et le détritique cotier de l'île du Levant (méditerranée, France), à l'aide du sous-marin Griffon de la marine nationale.
- Augier, H., Gilles, G., Ramonda, G. (1984).** L'herbier de *Posidonia oceanica* et la pollution par le mercure sur le littoral des Bouches-du-Rhone et du Var (France). Paper presented at the International workshop on *Posidonia oceanica* beds. *GIS Posidonie, Marseille.*
- Barbault. (2000).** Ecologie générale, structure et fonctionnement de la biosphère (5ème édition Ed.Dunod ed.).
- Barbault, R. (1981).** Ecologie des populations et des peuplements. Collection maitrises de biologie : Masson, Paris.
- Barberá-Cebrián, C., Sánchez-Jerez, P., Ramos-Esplá, A. (2002).** Fragmented seagrass habitats on the Mediterranean coast, and distribution and abundance of mysid assemblages. *Marine Biology*, 141(3), 405-413.
- Barnabé, G. (1991).** Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture.
- Baroli, M., Cristini, A., Cossu, A., Falco, G. D., Gazale, V., Pergent-Martini, C., Pergent, G. (2001).** Concentrations of trace metals (Cd, Cu, Fe, Pb) in *Posidonia oceanica* seagrass of Liscia Bay, Sardinia (Italy) *Mediterranean Ecosystems* (pp. 95-99): Springer.

- Bay, D. (1978).** Etude "in situ" de la production primaire d'un herbier de posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la Baie de Calvi-Corse.
- Bédhomme, A., Thélin, I., Boudouresque, C. F. (1983).** Mesure de la production primaire des feuilles de *Posidonia oceanica*: modifications de la méthode de Zieman.
- Belabed, B.-E., Laffray, X., Dhib, A., Fertouna-Belakhal, M., Turki, S., Aleya, L. (2013).** Factors contributing to heavy metal accumulation in sediments and in the intertidal mussel *Perna perna* in the Gulf of Annaba (Algeria). *Marine Pollution Bulletin*, 74(1), 477-489.
- Belaud, A. (1996).** Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive : Cépaduès éditions.
- Belbachir. (2012).** Contribution à l'étude écologique de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la frange côtière de Mostaganem : Etat de santé et relation entre plante et échinoderme. (magister), université abdelhamid ibn badis mostaganem, mostaganem.
- Beldi, H., Gimbert, F, Maas, S, Scheifler, R, Soltani, N, 2006. (2006).** Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the Gulf of Annaba, Algeria. *Afr. J. Agric. Res.*, 1 : 85 - 90.
- Bell, J. D., Westoby, M. (1986).** Abundance of macrofauna in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. *Oecologia*, 68(2), 205-209.
- Bell, S. S., Walters, K., Kern, J. (1984).** Meiofauna from seagrass habitats: a review and prospectus for future research. *Estuaries*, 7(4), 331-338.
- Bellan-Santini, D., Picard, J. (1984).** *Conséquences de la régression des herbiers de Posidonies pour le benthos animal des milieux méditerranéens.* Paper presented at the International Workshop on *Posidonia oceanica* beds. Marseilles: GIS Posidonie publ.
- Bellan, G. (1994).** Destructuration et restructuration des peuplements et populations soumises à des actions anthropiques. *Biol. mar. medit*, 1(1), 151-158.
- Bensafia, N., Khati, W. (2018).** Seasonal variations in four trace metals (Cu, Zn, Pb, Cd) in sponges *Sarcotragus spinosulus* of the Gulf of Annaba, Northeast Algeria. *AAFL Bioflux*, 11(3), 937.
- Benyacoub, S. (1993).** Écologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (nord-est algérien). Université de Bourgogne.
- Blanc, J. J., Jeudy De Grissac, A. (1978).** Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à *Posidonies* du littoral de la Provence.
- Bodiguel, X. (2008).** Caractérisation et modélisation des processus de bioaccumulation des PCB chez le merlu (*Merluccius merluccius*) du Golfe du Lion. Montpellier 1.

- Boucetta, S., Beldi, H., Draredja, B. (2016).** Seasonal variation of heavy metals in *Phorcus (Osilinus) turbinatus* (Gastropod, Trochidae) in the eastern Algerian coast. *Global Veterinaria*, 17(1), 25-41.
- Bouchher. (2014 ).** Contribution de la biomasse des épiphytes de *Posidonia oceanica* (L.) De lile 1813 à l'apport de matière organique au substrat de l'herbier. Côte de Mostaganem (magister), universite abdelhamid ibn badis de mostaganem.
- Boudinar, A. S. (2016).** Recherches sur la morphologie et la génétique du complexe *Atherina boyeri* en Méditerranée occidentale et biologie de l'espèce dans la lagune Mellah. (doctorat), Université de Badji Mokhtar.
- Boudjela. (2015).** Dosage des composes phénoliques chez *posidonia oceanica* (linné 1813)Delile, Des herbiers de la cote ouest algerienne Ain franin , cap carbon ,Sidi lakhdar. (magister), oran.
- Boudouresque, C. (1968).** Contribution à l'étude du peuplement épiphyte des rhizomes de *Posidonies (Posidonia oceanica* Delile). *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, 43(59), 45-64.
- Boudouresque, C. (2000).** Restauration des écosystèmes côtiers. Actes de colloque, IFREMER, 65-85.
- Boudouresque, C. (2003).** The erosion of Mediterranean biodiversity. *The Mediterranean Sea: an overview of its present state and plans for future protection*, 53-112.
- Boudouresque, C., Arrighi, F., Finelli, F., Lefevre, J. (1995).** Arrachage des faisceaux de *Posidonia oceanica* par les ancras: un protocole d'étude. *Rapports de la Commission internationale d'Exploration de la Mer Méditerranée*, 34, 21.
- Boudouresque, C., Jeudy de Grissac, A. (1983).** L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée: les interactions entre la plante et le sédiment. *Journal de recherche océanographique*, 8(2-3), 99-122.
- Boudouresque, C., Jeudy de Grissac, A., Meinesz, A. (1984).** *Relations entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de Posidonia oceanica dans la baie d'Elbu (Corse)*. Paper presented at the International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. Marseilles: GIS Posidonie publ.
- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Tunesi, L. (2006).** Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica* : Ramoge.
- Boudouresque, C., meinesz, A. (1982).** Découverte de l'herbier de posidonie: Cahiers du Parc National de Port-Cros, v. 4.
- Bougerol. (1993).** Mise au point d'une technique analytique de dosage du mercure chez *Posidonia oceanica* (L.) Delile et *Sarpa salpa* (L.). (DESS), Université de Lille II.

- Bougherira, N., B, Aoun-Sebaiti, B. (2012).** Impact of urban and industrial wastes on superficial and groundwater in the plain of Annaba (Algeria).
- Boumaza, S., semroud, R. (1995).** Phenologie de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans l'herbier de l'anse de kouali,(tipaza), algerie. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, 34.
- Boumaza, S., Semroud, R. (2000).** Evaluation of past and present primary production in *Posidonia oceanica* beds from the cove of Kouali (Tipasa, Algeria) using the lepidochronological method. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), 26-30.
- Bourcier, M. (1989).** Régression des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, à l'Est de Marseille, sous l'action conjuguée des activités humaines et des modifications climatiques. Paper presented at the International Workshop on *Posidonia oceanica* beds Volume.
- Boutabia, S., (2016).** *Posidonia oceanica* (L) Delile, Bioindicateur de la pollution métallique du golfe d'Annaba (Nord Est Algérien). (doctorat), Badji mokhtar annaba.
- Bouzahouane, H., Barour, C., Sleimi, N., Ouali, K. (2018)** Multi-biomarkers approach to the assessment of the southeastern Mediterranean Sea health status : Preliminary study on *Stramonita haemastoma* used as a bioindicator for metal contamination. *International Journal Chemosphere* 207 (2018) 725e741.
- Bouzenda, R., Khebbeb, N. S. M. E. H. (2017).** Assessment of pollution in the Gulf of Annaba (Algeria) by monthly measurements of two biomarkers in a fish species *Liza aurata*. *J. Entomol. Zool. Stud*, 5.
- Boyle, E., Chapnick, S., Bai, X., Spivack, A. (1985).** Trace metal enrichments in the Mediterranean Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, 74(4), 405-419.
- Bremond, R., Perrodon, C. (1979).** Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement Paris. cite in. *Assessing ground water quality in the irrigated plain of Triffa (north-east Morocco)*. *Agric. Water Manag*, 95, 133-142.
- Brinkhuis, B. H., Penello, W., Churchill, A. (1980).** Cadmium and manganese flux in eelgrass *Zostera marina* II. Metal uptake by leaf and root-rhizome tissues. *Marine Biology*, 58(3), 187-196.
- Bryan, G. (1976).** Heavy Metal Contamination in the Sea, *Marine Pollution* : London: Academic Press.
- Bryan, G. (1984).** Pollution due to heavy metals and their compounds. *Marine Ecology*, 5(Part 3), 1289-1431.
- Bryan, K., Lewis, L. (1979).** A water mass model of the world ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 84(C5), 2503-2517.
- Buia, M., Gambi, M., Zupo, V. (2000).** Structure and functioning of Mediterranean seagrass ecosystems: an overview. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), 167-190.

- Buia, M., Mazzella, L. (2000).** Diversity in seagrass ecosystems: biological descriptors at different temporal scale. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), 203-206.
- Buia, M. C., Zupo, V., Mazzella, L. (1992).** Primary production and growth dynamics in *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology*, 13(1), 2-16.
- Campanella, L., Conti, M., Cubadda, F., Sucapane, C. (2001).** Trace metals in seagrass, algae and molluscs from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environmental Pollution*, 111(1), 117-126.
- Capiomont, A., Piazzì, L., Pergent, G. (2000).** Seasonal variations of total mercury in foliar tissues of *Posidonia oceanica*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80(6), 1119-1123.
- Caye, G. (1980).** Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L. Delile).
- Caye, G. (1989).** Sur la morphogenese, le cycle vegetatif et la reproduction de deux phanerogames de Mediterranee: *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile et *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. *These Habilitation Univ. Nice*.
- Caye, G., Rossignol, M. (1983).** Etude des variations saisonnières de la croissance des feuilles et des racines de *Posidonia oceanica*. *Marine Biology*, 75(1), 79-88.
- chahrour. (2013).** etude de la vitalité des herbiers a posidonia oceanica (L.)Delile de la cote occidentale algerienne (cap carbon et ain franin). (Doctorat), université doorman.
- Chahrour, F., Boumaza, S., Semroud, R., Boutiba, Z. (2013).** Phenology of *Posidonia Oceanica* (Linnaeus) Delile in the West Coast of Algeria. *International Journal of Asian Social Science*, 3(1), 240-254.
- Champ, B., Dyte, C. (1977).** FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. *FAO Plant Protection Bulletin*, 25(2), 49-67.
- Chimenz, C., Taramelli, E., Cironi, R., Contessini, A., Gravina, M., Maggiore, F., Somaschini, A. (1989).** Studies on animal populations of the leaves and rhizomes of *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the rocky bottom of Torvaldaliga.
- Conde Poyales, F. (1989).** Ficogeografia del mar de Alboran en el contexto del Mediterraneo occidental. *Anales du Jardin Botanica de Madrid*.
- Connolly, R., Butler, A. J. (1996).** The effects of altering seagrass canopy height on small, motile invertebrates of shallow Mediterranean embayments. *Marine Ecology*, 17(4), 637-652.
- Conti, M. E., Bocca, B., Iacobucci, M., Finoia, M. G., Mecozzi, M., Pino, A., Alimonti, A. (2010).** Baseline trace metals in seagrass, algae, and mollusks in a southern Tyrrhenian ecosystem (Linosa Island, Sicily). *Archives of environmental contamination and toxicology*, 58(1), 79-95.

- Copin-Montegut, C. (1996).** Oceanic fronts and CO<sub>2</sub> air-sea exchanges. *Oceanographic Literature Review*, 8(43), 770.
- Crisp, D., Ryland, J. (1960).** Influence of filming and of surface texture on the settlement of marine organisms. *Nature*, 185(4706), 119-119.
- Cristiani, G. (1980).** Biomasse et repartition de l'herbier de *Posidonia oceanica* de la Côte Bleue (Bouches du Rhône, France) et pollution marine par les métaux lourds (pp. 150): Univ. Aix-Marseille III.
- Crouzet, A. (1981).** Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de rhizomes de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *Trav. Sci. Parc Natl. Port-Cros*, 7, 129-135.
- Crouzet, A., Boudouresque, C. F., Meinesz, A., Pergent, G. (1983).** Evidence of the annual character of cyclic changes of *Posidonia oceanica* scale thickness (erect rhizomes). *Rapp. Commiss. int. Mer Médit*, 28(3), 113-114.
- Da Silva, J., Williams, J. (1978).** Interaction of the chemical elements with biological systems. *New Trent in Bioinorganic Chemistry. Academic Press, London*, 449-484.
- Dajoz. (1975).** *Précis d'écologie* (G. Villard Ed.). Paris.
- Dajoz. (1982).** *Précis d'écologie* (G. Villard Ed.).
- Dakki, m.** Zones humides du nord-est du maroc: 2. Sebkhia Bou Areg (lagune de Nador).
- Dauby, P., & Coulon, P. (1993).** The actual food of macroconsumers grazing on leaves or ingesting detritus of *Posidonia oceanica* seagrasses: a  $\delta^{13}C$  study. *Belgian Journal of Zoology*(Suppl. 1).
- Dauby, P., Poulicek, M. (1995).** Methods for removing epiphytes from seagrasses: SEM observations on treated leaves. *Aquatic botany*, 52(3), 217-228.
- Den Hartog, C. (2000).** Procedures for the restoration of lost seagrass beds. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), 353-356.
- Derbal, F. (2007).** L'ichtyofaune des côtes de l'est Algérien : écologie de quatre téléostéens (*Diplodus cervinus cervinus*, *D. Puntazzo*, *Sciaena umbra*, *Epinephelus costae*) et contribution à la biologie du sar tambour *Diplodus cervinus cervinus* (LOWE, 1838). . (doctorat), Université de Badji Mokhtar. Annaba. Algérie. .
- Despreaux, M. (1990).** Le phosphore et l'azote dans les sédiments du fleuve Charente (France): variations saisonnières et mobilité potentielle. Lyon 1.
- Diaz, R. J., Rosenberg, R. (1995).** Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and marine biology. An annual review*, 33, 245-203.

- Djabri, L., Mania, D. (1998).** Pollution des eaux de l'Oued Seybouse et des nappes de Guelma, Bouchegouf et Annaba (Est Alg@ Terien) par les nutriments. *Bulletin International de l'Eau et de l'Environnement*.
- Draredja, B. (2007).** Structure et fonctionnement d'un milieu lagunaire méditerranéen: lagune mellah (el-kala, algérie nord-est). Université de Annaba-Badji Mokhtar.
- Drew, A. (1971).** Underwater Science. An introduction to experiments by divers. Woods JD, Lithgoe JN Eds : Academic Press, London.
- Drew, E., Jupp, B. (1976).** Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. *Underwater research*, 357-367.
- Dussart, B. (1966).** Limnologie: l'étude des eaux continentales (Vol. 566): Gauthier-Villars.
- Esteban, J. (1989).** Dinamica, ciclo de hojas y produccion foliar en praderas de *Posidonia oceanica* del litoral de la comunidad valenciana (Mediterraneo occidental). Tesis de Licenciatura. Universitat de Valencia.
- EUGENE, C. (1978).** Note preliminaire sur l'epifaune de la phanerogame marine *posidonia oceanica* a l'île de port-cros: methodes et stations.
- Ferrari, B. (2006).** Etude synécologique de *Posidonia oceanica* et de *Sarpa salpa* le long de la côte rocheuse des Albères (Pyrénées-Orientales, France): influence d'une aire marine protégée.
- Francour, P. (1990).** Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le parc national de Port-Cros: analyse des compartiments matte, litière, faune vagile, échinodermes et poissons. Paris 6.
- Francour, P. (1997).** Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Marine Ecology*, 18(2), 157-173.
- Frankignoulle, M., Distèche, A. (1984).** CO<sub>2</sub> chemistry in the water column above a *Posidonia* seagrass bed and related air-sea exchanges. *Oceanologica acta*, 7(2), 209-219.
- Gacia, E., Granata, T., Duarte, C. (1999).** An approach to measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Aquatic botany*, 65(1-4), 255-268.
- Gambi, M., Buia, M., Casola, E., Scardi, M. (1989).** Estimates of water movement in *Posidonia oceanica* beds: a first approach. *Paper presented at the International workshop on Posidonia beds*.
- Gamulin-Brida, H. (1974).** Biocoenoses benthiques de la mer Adriatique. *Acta Adriatica*, 15, 1-102.
- Gamulin-Brida, H., Pozar, A., Span, A. (1973).** Les conséquences biologiques de la pollution des eaux marines sur les biocénoses benthiques. Groupement des biocénoses benthiques de la mer Adriatique du point de vue de purer6 des eaux. *Atti Coll. Internaz. Oceanogr. Med*, 5, 137-158.

- Giorgi, J., Thelin, I. (1983).** Phénologie, biomasse et production primaire de *Posidonia oceanica* (feuilles et épiphytes) dans la baie de Port-Cros. *Lab. Ecol. Benthos, Fac. Sci. Luminy, Univ. Aix-Marseille II et parc nation. Port-cros, France, 126.*
- Giraud, G. (1977).** Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en Méditerranée. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit, 24(4), 127-130.*
- Giraud, G. (1979).** Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, 39, 33-39.*
- Gobert, S. (2002).** Variations spatiale et temporelle de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (Baie de la Revellata-Calvi-Corse).
- Gobert, S., Belkhiria, S., Dauby, P., Havelange, S., Soullard, M., Bouquegneau, J.-M. (1995).** Variations temporelles de la phénologie et de la composition biochimique de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* en baie de Calvi. *Bulletin de la société Royale des sciences de Liège, 64(4-5), 263-284.*
- Guettaf, M., Maoui, A., Ihdene, Z. (2014).** Assessment of water quality: a case study of the Seybouse River (North East of Algeria). *Appl Water Sci 7 (1): 295–307.*
- Harmelin-Vivien, M. L., Francour, P. (1992).** Trawling or visual censuses Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. *Marine Ecology, 13(1), 41-51.*
- Hébert, S., Légaré, S. (2000).** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et des petits cours d'eau.
- Heck Jr, K., Valentine, J., Spitzer, P. (2003).** Plant-Animal interactions in seagrass-dominated ecosystems: a review and a prospectus. *Gulf of Mexico Science, 21, 112.*
- Hinga, K. R. (2002).** Effects of pH on coastal marine phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series, 238, 281-300.*
- Hoening, M., Dupire, S., Wollast, R. (1981).** L'atomisation électrothermique en spectrométrie d'absorption atomique et son application dans les études de l'environnement : Cebedoc.
- Howard, R. (1982).** Impact of feeding activities of epibenthic amphipods on surface-fouling of eelgrass leaves. *Aquatic botany, 14, 91-97.*
- Kantin, R., & Pergent, G. (2007).** Rapport final, Groupement de Recherche "Gestion des Ecosystèmes Littoraux Méditerranéens". *Ifremer Provence Alpes Corse et Université de Corse, 1-189.*
- Kattabi. (2002).** Intérêts de l'étude des paramètres hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordure ménagère d'Etuefont (Belfort, France). Université d'Artois, France.
- Keough, M. J. (1998).** Responses of settling invertebrate larvae to the presence of established recruits. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 231(1), 1-19.*

- Keough, M. J., Raimondi, P. T. (1995).** Responses of settling invertebrate larvae to bioorganic films: effects of different types of films. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 185(2), 235-253.
- Kerneis, A. (1960).** Contribution à l'étude faunistique et écologique des herbiers de Posidonies de la région de Banyuls. *Vie et Milieu*, 11(2), 145-187.
- Khodja. (2013).** caractérisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la côte occidentale algérienne ( Cap blanc ). (magister), Oran.
- Knutzen, J. (1981).** Effects of decreased pH on marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 12(1), 25-29.
- Kuo, J., Den Hartog, C. (2001).** Seagrass taxonomy and identification key. *Global seagrass research methods*, 33, 31-58.
- Lacaze, A., Lacaze, J.-C. (1996).** L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte : Ellipses.
- Lacaze, J.-C. (1993).** La dégradation de l'environnement côtier : Masson.
- Laouati, I. (2021).** Evaluation des risques toxiques des rejets industriels et urbains sur la santé via un indicateur biologique la moule Africaine *Perna perna* : utilisation de la méthode caging. (Doctorat), Université Badji Mokhtar.
- Le Pape, O., Del Amo, Y., Menesguen, A., Aminot, A., Quequiner, B., Treguer, P. (1996).** Resistance of a coastal ecosystem to increasing eutrophic conditions: the Bay of Brest (France), a semi-enclosed zone of Western Europe. *Continental Shelf Research*, 16(15), 1885-1907.
- Lepoint, G., Havelange, S., Gobert, S., Bouqueneau, J.-M. (1999).** Fauna vs flora contribution to the leaf epiphytes biomass in a *Posidonia oceanica* seagrass bed (Revellata Bay, Corsica). *Hydrobiologia*, 394, 63-67.
- Lepoint, G., Nyssen, F., Gobert, S., Dauby, P., Bouqueneau, J.-M. (2000).** Relative impact of a seagrass bed and its adjacent epilithic algal community in consumer diets. *Marine Biology*, 136(3), 513-518.
- Leveau, m., maestrini, s.-y., marchand, m., martin, j.-l. (1988).** Le milieu marin côtier: milieu spécifique, récepteur d'apports polluants multiples. *Océanis (Paris)*, 14(6), 639-650.
- Libes, M. (1985).** Contribution à l'étude de la production primaire des herbiers à *Posidonia oceanica* par la méthode du carbone 14 appliquée in situ. *J Rech Oceanogr*, 10(1), 24e28.
- Libes, M., Boudouresque, C., Plante-Cuny, M. (1983).** Preliminary data on the production of *Posidonia oceanica* and of its epiphytes in the Bay of Port-Cros(Var, France). *RAPP. P.-V. REUN. CIESM.*, 28(3), 133-134.

- Livingston, R. J. (1984).** The relationship of physical factors and biological response in coastal seagrass meadows. *Estuaries*, 7(4), 377-390.
- Lotfi. (2012).** Etude descriptive et analytique des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile sur les côtes de la région de Mahdia (Est de la Tunisie): dynamique, distribution spatiale et temporelle, épiphytismes des feuilles et des rhizomes et bioindication. (Doctorat), université de Sfax faculté des sciences de Sfax.
- Luy, N., Gobert, S., Sartoretto, S., Biondo, R., Bouquegneau, J.-M., Richir, J. (2012).** Chemical contamination along the Mediterranean French coast using *Posidonia oceanica* (L.) Delile above-ground tissues: a multiple trace element study. *Ecological Indicators*, 18, 269-277.
- Lyngby, J. E., Brix, H. (1982).** Seasonal and environmental variation in cadmium, copper, lead and zinc concentrations in eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Limfjor, Denmark. *Aquatic botany*, 14, 59-74.
- Malea, P. (1994).** Seasonal variation and local distribution of metals in the seagrass *Halophila stipulacea* (Forsk.) Aschers. in the Antikyra Gulf, Greece. *Environmental Pollution*, 85(1), 77-85.
- Malea, P., Haritonidis, S. (1989).** Uptake of Cu, Cd, Zn and Pb in *Posidonia oceanica* (Linnaeus) from Antikyra Gulf, Greece: preliminary note. *Marine Environmental Research*, 28(1-4), 495-498.
- Mammeria. (2006).** eutrophisation en méditerranée: conditions de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans le golfe d'Annaba (Magister ), Badji Mokhtar Annaba
- Mateo, M., Romero, J. (1997).** Detritus dynamics in the seagrass *Posidonia oceanica*: elements for an ecosystem carbon and nutrient budget. *Marine Ecology Progress Series*, 151, 43-53.
- Mazzella, L. (1992).** Plant-animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the Mediterranean Sea. *Plant-animal interactions in the marine benthos*, 165-187.
- Mazzella, L., Buia, M., Gambi, M., Lorenti, M., Russo, G., Scipione, M., Zupo, V. (1995).** A review on the trophic organization in the *Posidonia oceanica* ecosystem. *La Posidonia oceanica. Revista Marittima, Suppl*(12), 40-47.
- Mazzella, L., Cinelli, F., Ott, J., Klepal, W. (1981).** Studi sperimentali "in situ" sull'epifitismo della *Posidonia oceanica* Delile. *Quaderni del Laboratorio di tecnologia della Pesca*, 3, 481-492.
- Mazzella, L., Guidetti, P., Lorenti, M., Buia, M., Zupo, V., Scipione, M., . . . Curiel, D. (1998).** Biomass partitioning in Adriatic seagrass ecosystems (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, 35, 562-563.
- Mazzella, L., & Russo, G. F. (1989).** Grazing effect of two *Gibbula* species (*Mollusca*, *Archaeogastropoda*) on the epiphytic community of *Posidonia oceanica* leaves. *Aquatic botany*, 35(3-4), 357-373.

- Mazzella, L., Scipione, M. B., Buia, M. C. (1989).** Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* meadow. *Marine Ecology*, 10(2), 107-129.
- McNeely, R. N., Neimainis, V. P., Dwyer, L. (1980).** Référence sur la qualité des eaux : guide des paramètres de la qualité des eaux environnements. Direction de la qualité des eaux, Ottawa, Canada.
- Meinesz, A., Laurent, R. (1978).** Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France) Campagne Poseïdon 1976.
- Molinier, R., Picard, J. (1952).** Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français : Masson.
- Molinier, R., Zevaco, C. (1962).** Etudes écologiques et biocénologiques dans la baie du Brusç (Var.). Fascicule 3: étude statistique et physiologique de la croissance des feuilles de posidonies *Posidonia oceanica* Delile. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 59, 1-46q41.
- Nedelec, H. (1982).** Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur les peuplements phytobenthiques.
- Noureddine, B. (2013).** Transferts et géochimie de l'azote, du phosphore et du silicium des bassins des oueds kebir-rhumel, kebir ouest et saf-saf au littoral. Université de Annaba-Badji Mokhtar.
- Novak, R. (1984).** A study in ultra-ecology: microorganisms on the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology*, 5(2), 143-190.
- Organisation Internationale de Normalisation, G. (2003).** Qualité de l'eau. Échantillonnage. Pt. 3: Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau.
- Organization, W. H. (1995).** *Inorganic lead* : World Health Organization.
- Ott, J. A. (1980).** Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology*, 1(1), 47-64.
- Ouali, N., Belabed, B. E., Zeghdoudi, F., Rachedi, M. (2018).** Assessment of metallic contamination in sediment and mullet fish (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758) tissues from the East Algerian coast. *Journal of Water and Land Development*.
- Ounissi, M., Khaled-Khodja, M., Khelifi-Touhami, M., Hallal, S., Ayad, M (2002).** Flux de matières minérales et organiques de l'oued Seybouse au littoral d'Annaba (Algérie) en hiver et au printemps 2002.
- Ounissi, M., Ziouch, O.-R., Aounallah, O. (2014).** Variability of the dissolved nutrient (N, P, Si) concentrations in the Bay of Annaba in relation to the inputs of the Seybouse and Mafragh estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 80(1-2), 234-244.

- Pérès, J.-M., Picard, J. (1964).** Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée : Station Marine d'Endoume.
- Pérès, J., Picard, J. (1975).** Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquatic botany*, 1, 133-139.
- Pergent-Martini, C. (1994).** Impact d'un rejet d'eaux usées sur l'herbier à *Posidonia oceanica*, avant et après la mise en service d'une station d'épuration. Corte.
- Pergent-Martini, C. (2000).** Utilisation des herbiers de phanérogames marines dans la gestion du littoral méditerranéen. Diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches. Université de Corse Pascal Paoli, 1, 298.
- Pergent-Martini, C., Leoni, V., Pasqualini, V., Ardizzone, G., Balestri, E., Bedini, R., Boudouresque, C. (2005).** Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. *Ecological Indicators*, 5(3), 213-230.
- Pergent-Martini, C., Pasqualini, V. (2000).** Seagrass population dynamics before and after the setting up of a wastewater treatment plant. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), 405-409.
- Pergent-Martini, C., Pergent, G. (1996).** Lepidochronological analysis in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: state of the art and future developments. *Oceanographic Literature Review*, 2(43), 193.
- Pergent-Martini, C., Rico-Raimondino, V., Pergent, G. (1994).** Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean Basin. *Marine Biology*, 120(1), 9-15.
- Pergent, G. (1987).** Recherches lépidochronologiques chez *posidonia océanica* (potamogetonaceae): fluctuation des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. Aix-Marseille 2.
- Pergent, G. (1990).** Evaluation of *Posidonia oceanica* primary production using lepidochronological analysis: preliminary results. *Rapp Comm int Mer Médit*, 32(6).
- Pergent, G. (1990).** Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a standardized approach. *Aquatic botany*, 37(1), 39-54.
- Pergent, G. (1991).** Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Oceanis*, 17(4), 341-350.
- Pergent, G., Boudouresque, C., Crouzet, A. (1983).** Variations cycliques dans les écailles des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica*.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C. (1988).** Phénologie de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le bassin méditerranéen. Paper presented at the Annales de l'Institut océanographique (Monaco).

- 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* (Marseille), 54, 3-27.
- Pergent, G., Rico-Raimondino, V., Pergent-Martini, C. (1997).** Fate of primary production in *Posidonia oceanica* meadows of the Mediterranean. *Aquatic botany*, 59(3-4), 307-321.
- Pergentmartini, C., Pergent, G. (1994).** Lepidochronological analysis in the mediterranean seagrass *posidonia-oceanica* state-of-the-art and future-developments. *Oceanologica acta*, 17(6), 673-681.
- Pinta, M. (1979).** Spectrométrie d'absorption atomique (Atomic Absorption Spectrometry), Part 1: Problèmes généraux (General Problems) : Paris: Masson.
- PNUE-CAR/ASP. (2001).** Rapport de la cinquième réunion des points focaux nationaux pour les aires spécialement protégées. *UNEP (DEC)/MEDWG*.
- Por, F. D., Por, F. (1978).** The Suez Canal. Lessepsian Migration: The Influx of Red Sea Biota into the Mediterranean by Way of the Suez Canal, 39-86.
- Prange, J., Dennison, W. (2000).** Physiological responses of five seagrass species to trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, 41(7-12), 327-336.
- Ramade, F. (1992).** *Precis of ecotoxicology* ( Massoned.). Paris (France)
- Ramade, F. (1993).** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement.
- Ramade, F. (1994).** Eléments d'écologie: écologie fondamentale : Ediscience international.
- Ramos-Esplá, A. A., Martínez Perez, L., Aranda, A., Guillén, J. E., Sanchez-Jerez, P., Sánchez-Lizaso, J. L. (1993).** Protección de la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile mediante arrecifes artificiales disuasorios frente a la pesca de arrastre ilegal: el caso de El Campello (SE Iberico).
- Reggam, A., Bouchelaghem, H., Houhamdi, M. (2015).** Qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): caractérisation et analyse en composantes principales. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(5), 1417-1425.
- Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques : Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- Richir, J. (2007).** Etude de la communauté bactérienne de la Baie de Calvi.
- Rico-Raimondino, V. (1995).** Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *Posidonia oceanica*. Aix-Marseille 2.
- Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau.

- Rodier, J., Geoffray, C., Rodi, L. (1984).** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie.
- Rollin, C., Quiot, F. (2006).** Eléments traces métalliques-guide méthodologique: recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines. *Rapp. d'étude INERIS*.
- Roméo, M. (1991).** Toxicology of trace metals in the marine environment. *Oceanis. Serie de documents oceanographiques. Paris[OCEANIS(DOC. OCEANOGR.)].* 17(4).
- Romero-Martínengo, J. (1985).** Estudio ecologico de las fanerogamas marinas de la *costa catalana*: produccion primaria de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en las islas Medes. *Mem. Doct., Univ. Barcelona, Esp*, 1-261.
- Romero, J., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Mateo, M. A., Regnier, C. (1992).** The detritic compartment in a *Posidonia oceanica* meadow: litter features, decomposition rates, and mineral stocks. *Marine Ecology*, 13(1), 69-83.
- Roy-Barman, M., Jeandel, C. (2011).** Géochimie Marine Circulation Océanique, Cycle Du Carbone et Changement Climatique : Vuibert Société géologique de France.
- Ruiz, J., Romero, J. (2003).** Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, 46(12), 1523-1533.
- Sahnoun, Z. (2009).** Etude préliminaire des indices physiologiques (Indice de Réplétion, Indice Gonadique) et dosage des métaux lourds chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) pêché sur le littoral mostaganémois. Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella.
- Sánchez-Lizaso, J. L. (1993).** Estudio de la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la Reserva Marina de Tabarca (Alicante): Fenología y producción primaria.
- Sand-Jensen, K. (1975).** Biomass, net production and growth dynamics in an eelgrass (*Zostera marina* L.) population in Vellerup Vig, Denmark. *Ophelia*, 14(1-2), 185-201.
- Sane, S. (2006).** Contrôle environnemental de la production primaire du lac de Guiers au Nord du Sénégal. These de doctorat de 3e cycle d'écologie planctonique, *Ucad, Dakar, Sénégal*.
- Schlacher-Hoenlinger, M. A., Schlacher, T. A. (1998).** Differential accumulation patterns of heavy metals among the dominant macrophytes of a Mediterranean seagrass meadow. *Chemosphere*, 37(8), 1511-1519.
- Scipione, M. B., Gambi, M. C., Lorenti, M., Russo, G., Zupo, V. (1996).** Vagile fauna of the leaf stratum of *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* in the Mediterranean Sea. *Seagrass biology*, 249-260.

- Sghaier. (2006).** Etude comparative de deux herbiers de *Posidonia oceanica* des côtes orientales de la Tunisie : phénologie, lépidochronologie et Amphipodes associés. (master), Tunis.
- Spivack, A., Husted, S., Boyle, E. (1983).** Copper, nickel and cadmium in the surface waters of the Mediterranean *Trace metals in sea water* (pp. 505-512): Springer.
- Thelin, I., Boudouresque, C. F. (1983).** Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel de la Baie de Port-Cros (Var, France). *Rapport de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 28, 115-116.
- Thelin, I., Giorgi, J. (1984).** Production de feuilles dans un herbier superficiel à *Posidonia oceanica*, évaluée par une méthode dérivée de la méthode de Zieman. *Paper presented at the International Workshop Posidonia oceanica Beds*.
- Trautman, D. A., Borowitzka, M. A. (1999).** Distribution of the epiphytic organisms on *Posidonia australis* and *P. sinuosa*, two seagrasses with differing leaf morphology. *Marine Ecology Progress Series*, 179, 215-229.
- Tunesi, L., Boudouresque, C. (2006).** Les causes de la régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. *France: RAMOGE*.
- Van Montfrans, J., Wetzel, R. L., Orth, R. J. (1984).** Epiphyte-grazer relationships in seagrass meadows: consequences for seagrass growth and production. *Estuaries*, 7(4), 289-309.
- Velimirov, B. (1984).** Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. Paper presented at the International Workshop on *Posidonia oceanica* beds.
- Verlaque, M. (1990).** Relations entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758)(Téléostéen, Sparidae), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal méditerranéen. *Oceanologica acta*, 13(3), 373-388.
- Verlaque, M., Durand, C., Huisman, J. M., Boudouresque, C.-F., Le Parco, Y. (2003).** On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta). *European Journal of Phycology*, 38(4), 325-339.
- Vizzini, S., Sara, G., Michener, R., Mazzola, A. (2002).** The role and contribution of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile organic matter for secondary consumers as revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis. *Acta Oecologica*, 23(4), 277-285.
- Warnau, M., Ledent, G., Temara, A., Bouquegneau, J.-M., Jangoux, M., Dubois, P. (1995).** Heavy metals in *Posidonia oceanica* and *Paracentrotus lividus* from seagrass beds of the north-western Mediterranean. *Science of the total environment*, 171(1-3), 95-99.
- Wellman, C. H., Osterloff, P. L., Mohiuddin, U. (2003).** Fragments of the earliest land plants. *Nature*, 425(6955), 282-285.

- Wieczorek, S., Todd, C. (1997).** Inhibition and facilitation of bryozoan and ascidian settlement by natural multi-species biofilms: effects of film age and the roles of active and passive larval attachment. *Marine Biology*, 128(3), 463-473.
- Wittmann, K., Scipione, M. B., Fresi, E. (1981).** Some laboratory experiments on the activity of the macrofauna in the fragmentation of detrital leaves of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp Comm int Mer Médit*, 27(2), 205-206.
- Wittmann, K. J. (1984).** Temporal and morphological variations of growth in a natural stand of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology*, 5(4), 301-316.
- Wu, Y., Antoine, S., Bowker, D. (1996).** Hydrological and environmental characteristics of the River Taff, South Wales, U. K. *Limnologica. Jena*, 26(3), 217-233.
- Zaïme, A., Gautier, J.-Y. (1989).** Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien, au Maroc. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 44(2), 153-163.
- Zalokar, M. (1942).** Les associations sous-marines de la côte adriatique au-dessous de Velebit. *Bull. Soc. Bot. Genève*, 33, 1-24.
- Zhang, H., Wollast, R. (1990).** Distribution of cobalt and nickel in the Rhône and the Gulf of Lions. *Water pollution research report*, 20, 397-414.
- Ziouch, O. (2014).** Nutrient distribution in the Bay of Annaba under the influence of the Seybouse and the Mafragh estuaries inputs (southwestern Mediterranean). Département des Science de la Mer. Université de Badji Mokhtar. Annaba (Algérie).
- Zupi, V. (1984).** A study on the food web of the *Posidonia oceanica* ecosystem: analysis of the gut contents of echinoderms. Paper presented at the International workshop on *Posidonia oceanica* beds 1, 1984.

# **Annexes**

HABBECHÉ Amira<sup>1</sup>, BOUTABIA-TREA Saliha<sup>2</sup>, HABBACHI Wafa<sup>3</sup>Laboratory of Ecology of Terrestrial and Aquatic Systems. Faculty of Sciences of Annaba (FSA), Badji Mokhtar-Annaba University, P.O. Box 12, 23000, Annaba, Algeria<sup>1</sup>Laboratory of Ecobiology of Marine and Coastal Environments (EMAL), Faculty of Sciences of Annaba (FSA), Badji Mokhtar-Annaba University, P.O. Box 12, 23000, Annaba, Algeria<sup>2</sup>Laboratory of applied neuroendocrinology. Faculty of Sciences of Annaba (FSA), Badji Mokhtar-Annaba University, P.O. Box 12, 23000, Annaba, Algeria<sup>3</sup>

**ABSTRACT**— In order to have an overview of the state of *P. oceanica* on the north-eastern Algerian coast, a monitoring of seasonal phenological parameters was carried out in the Gulf of Annaba in six stations at different depths (Cap de garde, Ain Achir, La caroube, Lever de l'aurore, Draouche, and Cap rosa), during the four seasons of the year 2021. The phenological study of *P. oceanica* shows that the number of leaves at the level of the clusters differs according to the stations and the seasons, we have highlighted a seasonal variation of the Posidonia meadow of this region. The results indicate that the leaf area calculated from the length and width of the leaves (intermediate and adult) depends significantly on the study season and the stations studied. For juvenile leaves, the study indicates that the phenological parameters of juvenile leaves are similar for the six stations and during the four seasons of study. The meadow of the Gulf of Annaba shows signs of disturbance, considering its weak vitality, especially in the stations Lever de l'aurore, Ain achir and La caroube. A considerable effort must be provided, in order to preserve the meadows with *P. oceanica* of the various localities of the Algerian littoral.

**KEYWORDS:** *P. oceanica*, phenology, Gulf of Annaba, season.

## 1. Introduction

*Posidonia oceanica* is a marine phanerogam endemic to the Mediterranean [1], it is present in almost all the Mediterranean basin [2]. It does not penetrate the Black Sea. Finally, it is rare or absent in the extreme north of the Adriatic [3- 5] and along the coasts of Languedoc [6].

This magnoliophyte and the meadows it forms have become, over the last few decades, a major objective for the protection and management of the marine environment in the Mediterranean [7- 9]. It plays several important ecological and economic roles, such as a fish nursery, carbon sink and protection against coastal erosion [10- 13].

In many areas of the Mediterranean coast, this plant has undergone significant regression due to many factors [6], [14- 16]: coastal development, pollution [17] organic matter, suspended solids, macro-waste, anchors, the negative influence of human impacts [18], [19] and all practices that can cause tearing of the leaves or shoots of the seagrass.

In addition, *P. oceanica* beds are known to be a powerful integrator of overall marine water quality [7], [20], [21] due to their wide geographic distribution, longevity, seasonal population permanence, abundance, and ability to concentrate a wide range of xenobiotics [22].

*Posidonia* meadows exist throughout the Algerian coast, but we are interested in this study to a single area: The Gulf of Annaba which is subject to many sources of pollution originating from the various anthropogenic activities whose watershed is the seat to which is added the maritime activity [23]. In order to carry out this research between two main capes of the Algerian east coast, it was essential to monitor the seasonal variation of the year 2021 of the phenological parameters of the six stations, which were chosen according to their hydrodynamics and their location in relation to the flow in the bay.

## 2. Materiel et methods

### 2.1. Study stations

In the Gulf of Annaba, which is defined as a bay with a large Mediterranean opening on the north-eastern Algerian side, we chose six stations to conduct this study (Fig. 1):

Cap de garde: having the lowest risk of pollution due to its remote position and the fact that it is less accessible than the other stations.

Ain Achir: which is the destination of many vacationers in summer, which explains its exposure to pollution.

La caroube: characterized by a great anthropic pressure because of the intense and continuous human activity all year long.

Lever de l'aurore: located in a pre-urban area, this station receives leakage water from the neighborhoods of Annaba, urban discharges from a delicate slope of the city.

Draouche: characterized by the presence of a power plant on the periphery, it generates disturbances caused by the digging functions.

Cap Rosa: located about twenty kilometers from El-Kala and marks the boundary between this gulf and that of Annaba.

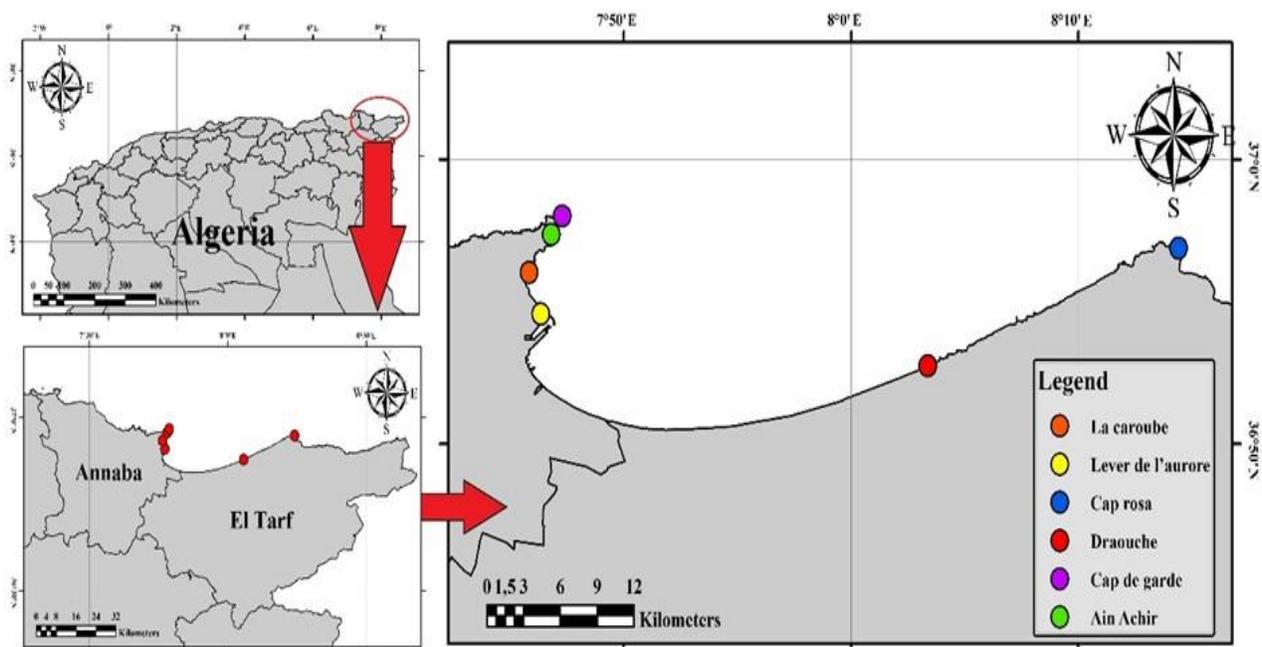


Fig 1: Geographic location of the study stations.

Characterization of the sampling stations for *P. oceanica*

Station	The season	Depth of sampling (metre)	GPS coordinates
<b>S1 : Cap de garde</b>	winter	3	36°58'01.1"N 7°47'17.2"E
	Spring	3,5	
	Summer	1,5	
	Autumn	2,6	
<b>S2 : Ain Achir</b>	Winter	2,5	36°57'22.7"N 7°46'48.8"E
	Spring	3,2	
	Summer	1,5	
	Autumn	2	
<b>S3 : La caroube</b>	Winter	2	36°56'02.2"N 7°45'49.3"E
	Spring	0,2	
	Summer	0,5	
	Autumn	0,6	
<b>S4:Lever de l'aurore</b>	Winter	5,2	36°54'34.0"N 7°46'20.7"E
	Spring	3,2	
	Summer	2,9	
	Autumn	1,5	
<b>S5 : Draouche</b>	Winter	2	36°52'45.1"N 8°03'22.1"E
	Spring	2	
	Summer	1	
	Autumn	2,2	
<b>S6 : Cap Rosa</b>	Hiver	4,9	36°56'53.3"N 8°14'24.8"E
	Spring	2,9	
	Summer	1,3	
	Autumn	5	

### 2.2. Sampling of *P. oceanica*

From January to December 2021, about 30 orthotropic *P. oceanica* beams were collected by individual dive in each of the six selected stations, these samples are collected by hand and randomly at depths that vary between 0.2 and 5 m. Samples were placed in labeled plastic bags and stored in a freezer until used for biometry.

### 2.3. Phenological study

To carry out the phenological study, once thawed, the samples were rinsed with distilled water to remove the sediment, we peeled and classified the leaves into three categories, according to the method of [24]: adult leaves, intermediate leaves and juvenile leaves.

Then, we measured the different parameters related to the phenology of adult and intermediate leaves of *P. oceanica* [25] such as the average number of leaves per cluster, the average length and width of adult and intermediate leaves, the coefficient "A" being the percentage of leaves that have lost their apex [24], and the leaf area expressed in cm<sup>2</sup> /cluster [26], [29].

## 2.4. Data analysis

The results obtained were subjected to a descriptive statistical study (to determine the mean and standard deviation) and a Correspondent Factor Analysis (CFA) on the XLStat 2009 software (NewYork). A general linear model (GLM) analysis was performed on these data using SPSS-Version 22 software.

## 3. Results

### 3.1. Average number of leaves per cluster

The average number of overall leaves per cluster reaches 7.36 in S6, while the minimum value reaches 4.5 in S4, both values are marked in autumn (Tab.1). For the average number of adult leaves, the highest values are those recovered in autumn at S6  $4.33 \pm 0.12$ , while the lowest are recorded at S4  $1.93 \pm 0.13$  in winter (Tab.1). besides, the average number of intermediate leaves remains relatively low compared to that of adult leaves whatever the period and the site considered so that the values are included between  $1.53 \pm 0.14$  in S6 in summer and  $4.07 \pm 0.12$  in S1 in winter (Tab.1) For juvenile leaves the seasonal variation of their average number per cluster for all the stations is: a maximum recorded in summer in S1  $2 \pm 0.27$  and a minimum recorded in spring at S1  $0.23 \pm 0.09$  (Tab.1).

**Table 1:** The average number of leaves of *P. oceanica* at the studied stations

Seasons	Stations	adult leaves	Intermediate leaves	juvenile leaves	global leaves
Winter	S1	2,27±0,12	4,07±0,12	0,47±0,09	6,33
	S2	2,07±0,13	3,97±0,19	0,40±0,10	6,03
	S3	2,30±0,15	3,93±0,14	0,43±0,11	6,23
	S4	1,93±0,13	3,77±0,10	0,50±0,10	5,70
	S5	2,80±0,14	3,10±0,11	0,27±0,09	5,90
	S6	2,17±0,11	3,67±0,09	0,30±0,10	5,83
Spring	S1	3,47±0,12	2,97±0,13	0,23±0,09	6,43
	S2	3,06±0,17	3,37±0,20	0,70±0,17	6,43
	S3	3,40±0,17	3,10±0,22	0,70±0,14	6,50
	S4	2,57±0,13	3,23±0,12	0,60±0,18	5,80
	S5	3,13±0,15	3,57±0,15	0,37±0,11	6,70
	S6	3,33±0,16	2,80±0,17	1,03±0,13	6,13
Summer	S1	3,73±0,13	1,87±0,09	2,00±0,27	5,60
	S2	3,10±0,10	1,67±0,10	1,30±0,08	4,76
	S3	3,13±0,10	2,07±0,09	1,10±0,07	5,20
	S4	3,00±0,09	1,63±0,01	0,90±0,07	4,63
	S5	3,93±0,13	1,60±0,09	1,23±0,08	5,53
	S6	4,03±0,13	1,53±0,14	1,50±0,11	5,56
Autumn	S1	2,93±0,13	3,07±0,09	0,93±0,06	6,00
	S2	2,67±0,13	2,97±0,11	0,93±0,05	5,63
	S3	3,07±0,13	3,17±0,10	0,97±0,06	6,23
	S4	2,00±0,07	2,50±0,09	0,90±0,05	4,50
	S5	3,13±0,10	2,83±0,10	0,93±0,08	5,96
	S6	4,33±0,12	3,03±0,09	0,67±0,09	7,36

### 3.2. Biometry of *P. oceanica* leaves

#### 3.2.1. Average leaf of *P. oceanica*

The average length of the global leaves is maximum in spring in S3 46,59 and minimum in winter in S4 17,2, While the maximum value of the average length of the adult leaves is reported in S3  $53,17 \pm 2,01$  in spring while and its minimum value is reported in S2  $17,31 \pm 0,8$  in winter (Tab.2). For the average length of the intermediate leaves, it is always lower than those of the adult leaves at the level of the six study sites, its

maximum is obtained in S3  $39.39 \pm 2.59$  in spring period and its minimum in S6  $10.93 \pm 0.89$  in summer period (Tab.2). The average length of juvenile leaves is a parameter often neglected in the phenological study of *P. oceanica*, its maximum is marked S4  $3.44 \pm 0.30$  in the winter period and its minimum marked S1  $1.78 \pm 0.47$  in the spring period (Tab.2).

**Table 2:** The average length of the leaves of *P. oceanica* (in centimetre)

Seasons	Stations	Adult leaves	intermediate leaves	juvenile leaves	global leaves
Winter	S1	$20,88 \pm 0,83$	$20,63 \pm 0,73$	$3,13 \pm 0,27$	20,72
	S2	$17,31 \pm 0,80$	$19,43 \pm 0,71$	$3,07 \pm 0,28$	18,70
	S3	$27,53 \pm 1,42$	$29,07 \pm 1,34$	$3,00 \pm 0,26$	28,50
	S4	$17,73 \pm 0,84$	$16,94 \pm 0,69$	$3,44 \pm 0,30$	17,20
	S5	$36,57 \pm 1,32$	$36,44 \pm 1,66$	$2,44 \pm 0,44$	36,50
	S6	$22,70 \pm 0,74$	$19,42 \pm 0,89$	$2,49 \pm 0,43$	20,63
Spring	S1	$37,03 \pm 1,55$	$38,31 \pm 2,06$	$1,78 \pm 0,47$	37,62
	S2	$20,13 \pm 0,98$	$22,94 \pm 1,17$	$2,24 \pm 0,26$	21,60
	S3	$53,17 \pm 2,01$	$39,39 \pm 2,59$	$2,24 \pm 0,26$	46,59
	S4	$21,68 \pm 1,04$	$28,15 \pm 1,19$	$2,75 \pm 0,31$	25,28
	S5	$28,27 \pm 0,95$	$34,50 \pm 1,39$	$2,59 \pm 0,39$	31,58
	S6	$26,13 \pm 1,29$	$21,88 \pm 1,37$	$2,84 \pm 1,05$	24,18
Summer	S1	$40,17 \pm 1,27$	$12,88 \pm 0,64$	$2,03 \pm 0,15$	31,07
	S2	$34,29 \pm 0,78$	$14,48 \pm 1,20$	$2,33 \pm 0,22$	27,36
	S3	$40,37 \pm 1,17$	$13,80 \pm 1,08$	$2,59 \pm 0,23$	29,80
	S4	$24,91 \pm 0,75$	$17,30 \pm 1,31$	$2,80 \pm 0,23$	22,22
	S5	$41,60 \pm 1,03$	$12,33 \pm 0,89$	$2,31 \pm 0,23$	33,13
	S6	$38,94 \pm 0,96$	$10,93 \pm 0,89$	$2,33 \pm 0,19$	31,22
Autumn	S1	$31,08 \pm 0,64$	$18,33 \pm 0,92$	$2,71 \pm 0,20$	24,56
	S2	$24,06 \pm 0,52$	$17,31 \pm 0,80$	$2,70 \pm 0,19$	20,50
	S3	$26,16 \pm 0,47$	$20,78 \pm 0,98$	$2,88 \pm 0,22$	23,42
	S4	$23,78 \pm 0,65$	$18,76 \pm 1,03$	$2,47 \pm 0,15$	20,99
	S5	$21,69 \pm 0,49$	$18,32 \pm 0,80$	$2,90 \pm 0,22$	20,08
	S6	$36,58 \pm 0,64$	$18,67 \pm 0,89$	$3,38 \pm 0,20$	29,20

### 3.2.2. Average leaf width of *P. oceanica*

The maximum width of the overall leaves was recorded in station S5 1.06 during the summer period, while its minimum is marked in both stations S6 and S5 0.8 in winter (Tab.3). The average width of adult leaves varies slightly with the seasons in all stations, this value is between  $1.05 \pm 0.007$  in S5 in summer and  $0.81 \pm 0.005$  in S6 in winter (Tab.3). It is noted that the extreme values (maximum and minimum) of adult leaf width interfere with those of the overall leaves in both sites S5 and S6. For intermediate leaves, the maximum of the average width is recorded in S5  $1.09 \pm 0.011$  in summer season and its minimum recorded in station S6  $0.80 \pm 0.005$  in winter period (Tab.3). The mean width of juvenile leaves differed markedly between sites, its maximum was recorded in S5  $0.96 \pm 0.019$  in summer season while its minimum was recorded in S2  $0.68 \pm 0.037$  in spring season (Tab.3).

**Table 3:** The average width of the leaves of *P. oceanica* (in centimetre)

Seasons	Stations	adult leaves	intermediate leaves	juvenile leaves	global leaves
Winter	S1	$0,94 \pm 0,00$	$0,88 \pm 0,00$	$0,79 \pm 0,00$	0,90
	S2	$0,87 \pm 0,00$	$0,82 \pm 0,00$	$0,77 \pm 0,01$	0,84
	S3	$0,89 \pm 0,00$	$0,87 \pm 0,00$	$0,79 \pm 0,01$	0,87
	S4	$0,90 \pm 0,01$	$0,86 \pm 0,00$	$0,78 \pm 0,02$	0,87
	S5	$0,86 \pm 0,00$	$0,85 \pm 0,00$	$0,80 \pm 0,04$	0,80
	S6	$0,81 \pm 0,00$	$0,80 \pm 0,00$	$0,69 \pm 0,02$	0,80
Spring	S1	$0,96 \pm 0,00$	$0,91 \pm 0,00$	$0,73 \pm 0,06$	0,93

	S2	0,87±0,00	0,83±0,00	0,68±0,03	0,85
	S3	0,96±0,00	0,92±0,00	0,76±0,02	0,94
	S4	0,88±0,00	0,85±0,00	0,75±0,03	0,86
	S5	1,01±0,00	0,95±0,00	0,82±0,04	0,97
	S6	0,92±0,00	0,90±0,00	0,74±0,02	0,91
Summer	S1	0,97±0,00	0,94±0,00	0,74±0,02	0,95
	S2	0,93±0,00	0,96±0,00	0,88±0,02	0,94
	S3	0,95±0,03	0,92±0,00	0,84±0,01	0,93
	S4	1,03±0,00	1,04±0,01	0,95±0,00	1,03
	S5	1,05±0,00	1,09±0,01	0,96±0,01	1,06
	S6	0,93±0,01	0,97±0,01	0,87±0,02	0,93
Autumn	S1	1,03±0,04	0,93±0,00	0,84±0,01	0,97
	S2	1,02±0,00	0,94±0,00	0,86±0,01	0,97
	S3	1,02±0,00	0,96±0,00	0,86±0,01	0,98
	S4	1,02±0,00	1,01±0,00	0,95±0,01	1,01
	S5	0,97±0,00	0,93±0,00	0,86±0,01	0,95
	S6	0,99±0,03	0,91±0,00	0,86±0,01	0,95

### 3.2.3. The "A" coefficient and leaf area of *P. oceanica*

For the average leaf surfaces of the global leaves by cluster, our results show that its maximum is 289.26 cm<sup>2</sup> in the spring season exactly in S3 and its minimum is 86.82 cm<sup>2</sup> in the winter season in particular in S4 (Tab.4). The average A coefficient of the global leaves of *P. oceanica* varies according to the seasons, the highest value of the A coefficient of the global leaves is 80.79% recorded at S4 during the spring season and the minimum value of 0.43% is recorded at the site S6 in summer (Tab.4). The average A-coefficient of adult leaves reaches its maximum 100% in S2 in winter and its minimum of 56.81% in S1 in autumn (Tab.4). For the intermediate leaves the coefficient A reaches its maximum 62,88 % in S4 in spring and its minimum is 0 % in the station S5 and S6 and in summer (Tab.4).

**Table 4:** Variability of leaf coefficient A (%) and leaf area (in cm<sup>2</sup>) in *P. oceanica*

Seasons	Stations	adult leaves	intermediate leaves	global leaves	the leaf surface
Winter	S1	89,70	18,03	53,86	119,46
	S2	100,00	35,29	67,64	95,91
	S3	97,10	26,27	61,68	156,79
	S4	96,55	24,77	60,66	86,82
	S5	96,42	33,33	64,87	151,66
	S6	89,23	23,63	56,43	97,28
Spring	S1	97,11	25,84	61,47	230,69
	S2	93,47	34,65	64,06	118,96
	S3	81,37	17,20	49,28	289,26
	S4	98,70	62,88	80,79	104,89
	S5	98,93	38,31	68,62	207,77
	S6	67,00	17,85	42,42	137,47
Summer	S1	69,64	1,78	35,71	168,13
	S2	97,84	4,00	50,92	122,24
	S3	86,17	3,22	44,69	146,98
	S4	97,77	30,61	64,19	106,78
	S5	83,05	0,00	41,52	192,46
	S6	87,60	0,00	0,43	159,26
Autumn	S1	56,81	7,60	32,20	147,12
	S2	92,50	15,73	54,11	114,20
	S3	96,73	9,47	53,10	145,37
	S4	98,33	26,66	62,49	96,14
	S5	92,55	22,35	57,45	114,65

	<b>S6</b>	67,69	4,39	36,04	208,83
--	-----------	-------	------	-------	--------

Statistical analysis by a general linear model (GLM) was performed to show the effects of the geographical position of the stations and seasonal variations on the biometry of *P. oceanica*, the results obtained are recorded in Table 5 and 6.

The multivariate analysis by Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace and Roy's Greatest Root tests, indicates that the location of the selected stations and the characteristics of the latter act significantly on the biometry and the number of leaves of *P. oceanica* (p:0.000) (Tab.5). Also, this statistical study shows the effect of season on the number and size of *P. oceanica* leaves which are significantly different according to the meteorological variations (p:0.000) (Tab.5). The intersection between the two factors studied (stations\*seasons) show that there are very highly significant differences between the sizes of the leaves of *P. oceanica* studied (Tab.5).

**Table 5:** Effect of seasonal and stationary variations on *P. oceanica* leaves biometry (Multivariate tests:GLM)

Effect		Value	F	ddl of the hypothesis	Error ddl	P
<b>Stations</b>	<b>Trace de Pillai</b>	3,000	5,125	60,000	205,000	<b>0,000***</b>
	<b>Lambda de Wilks</b>	,000	2,77E+19	60,000	177,035	<b>0,000***</b>
	<b>Trace de Hotelling</b>	2,1037E+31	1,24E+31	60,000	177,000	<b>0,000***</b>
	<b>Plus grande racine de Roy</b>	1,961E+31	6,70E+31	12,000	41,000	<b>0,000***</b>
<b>Season</b>	<b>Trace de Pillai</b>	3,000		36,000	117,000	-
	<b>Lambda de Wilks</b>	,000	6,93E+29	36,000	110,048	<b>0,000***</b>
	<b>Trace de Hotelling</b>	1,25E+31	1,23E+31	36,000	107,000	<b>0,000***</b>
	<b>Plus grande racine de Roy</b>	1,14E+31	3,71E+31	12,000	39,000	<b>0,000***</b>
<b>Stations * Season</b>	<b>Trace de Pillai</b>	3,000	1,067	180,000	576,000	<b>0,288</b>
	<b>Lambda de Wilks</b>	,000	7,11E+09	180,000	373,265	<b>0,000***</b>
	<b>Trace de Hotelling</b>	3,43E+31	6,70E+30	180,000	422,000	<b>0,000***</b>
	<b>Plus grande racine de Roy</b>	3,24E+31	1,04E+32	15,000	48,000	<b>0,000***</b>

[0.01 ≤ p < 0.05: Significant (\*); 0.001 ≤ p < 0.01: Highly Significant (\*\*); p < 0.001: Very Highly Significant (\*\*\*)]

The statistical study by the general linear model allowed us to perform tests of inter-subject effects (Tab.6). This study showed a highly significant effect of stations on the length and width of intermediate leaves (p: 0.01; 0.008, respectively), on the number of adult leaves per cluster sampled at the six stations (p:0.002)(Tab. 6) and on the A coefficient calculated for intermediate, adult and overall leaves (p:0.000) (Tab.6). Concerning seasonal variations, they acted mainly on the length, width and number of intermediate leaves (p: 0.000; 0.008; 0.000, respectively) (Tab.6), the width and number of adult leaves (p: 0.000) (Tab. 6) as well as the A coefficient of intermediate, adult and global leaves (p:0.000) (Tab.6). The combination of the two factors studied (season and station) acted significantly on the parameters influenced by seasonal and stationary variations (Tab.6).

**Table 6:** Effect of seasonal and stationary variations on the different phenological parameters studied (Inter-subject effects tests: GLM)

Source	Sum of squares	ddl	Medium square	F	P
--------	----------------	-----	---------------	---	---

		of type III				
Stations	Length of adult leaves	936,683	5	187,337	1,265	<b>0,294</b>
	Length of intermediate leaves	1240,572	5	248,114	3,452	<b>0,01*</b>
	Length of juvenile leaves	4,851	5	0,970	0,682	<b>0,639</b>
	Width of adult leaves	0,013	5	0,003	1,280	<b>0,288</b>
	Width of the intermediate leaves	0,103	5	0,021	3,561	<b>0,008**</b>
	Width of juvenile leaves	0,112	5	0,022	0,721	<b>0,611</b>
	Average number of adult leaves	10,132	5	2,026	4,434	<b>0,002**</b>
	Average number of intermediate leaves	1,700	5	0,340	1,157	<b>0,344</b>
	Average number of juvenile leaves	1,502	5	0,300	0,203	<b>0,960</b>
	Coefficient A Adult leaves	3807,675	5	761,535	3,24E+28	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Intermediate leaves	0,204	5	0,041	3,70E+31	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Global sheets	0,212	5	0,042	1,65E+32	<b>0,000***</b>
Season	Length of adult leaves	1244,626	3	414,875	2,801	<b>0,05</b>
	Length of intermediate leaves	1628,472	3	542,824	7,552	<b>0,000***</b>
	Length of juvenile leaves	1,342	3	0,447	0,314	<b>0,815</b>
	Width of adult leaves	0,057	3	0,019	9,294	<b>0,000***</b>
	Width of the intermediate leaves	0,078	3	0,026	4,468	<b>0,008**</b>
	Width of juvenile leaves	0,157	3	0,052	1,684	<b>0,183</b>
	Average number of adult leaves	11,407	3	3,802	8,319	<b>0,000***</b>
	Average number of intermediate leaves	26,767	3	8,922	30,353	<b>0,000***</b>
	Average number of juvenile leaves	3,084	3	1,028	0,693	<b>0,561</b>
	Coefficient A Adult leaves	1162,160	3	387,387	1,65E+28	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Intermediate leaves	0,295	3	0,098	8,94E+31	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Global sheets	0,085	3	0,028	1.10E+32	<b>0,000***</b>
Stations * Season	Length of adult leaves	3226,135	15	215,076	1,452	<b>0,162</b>
	Length of intermediate leaves	3210,821	15	214,055	2,978	<b>0,002**</b>
	Length of juvenile leaves	28,398	15	1,893	1,330	<b>0,222</b>
	Width of adult leaves	0,113	15	0,008	3,696	<b>0,000***</b>
	Width of the intermediate leaves	0,172	15	0,011	1,974	<b>0,038*</b>
	Width of juvenile leaves	0,196	15	0,013	0,419	<b>0,966</b>
	Average number of adult leaves	12,319	15	0,821	1,797	<b>0,063</b>
	Average number of intermediate leaves	15,849	15	1,057	3,595	<b>0,000***</b>
	Average number of juvenile leaves	15,408	15	1,027	0,692	<b>0,779</b>
	Coefficient A Adult leaves	19943,204	15	1329,547	5.66E+28	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Intermediate leaves	0,105	15	0,007	6.36E+30	<b>0,000***</b>
	Coefficient A Global sheets	0,398	15	0,027	1.03E+32	<b>0,000***</b>

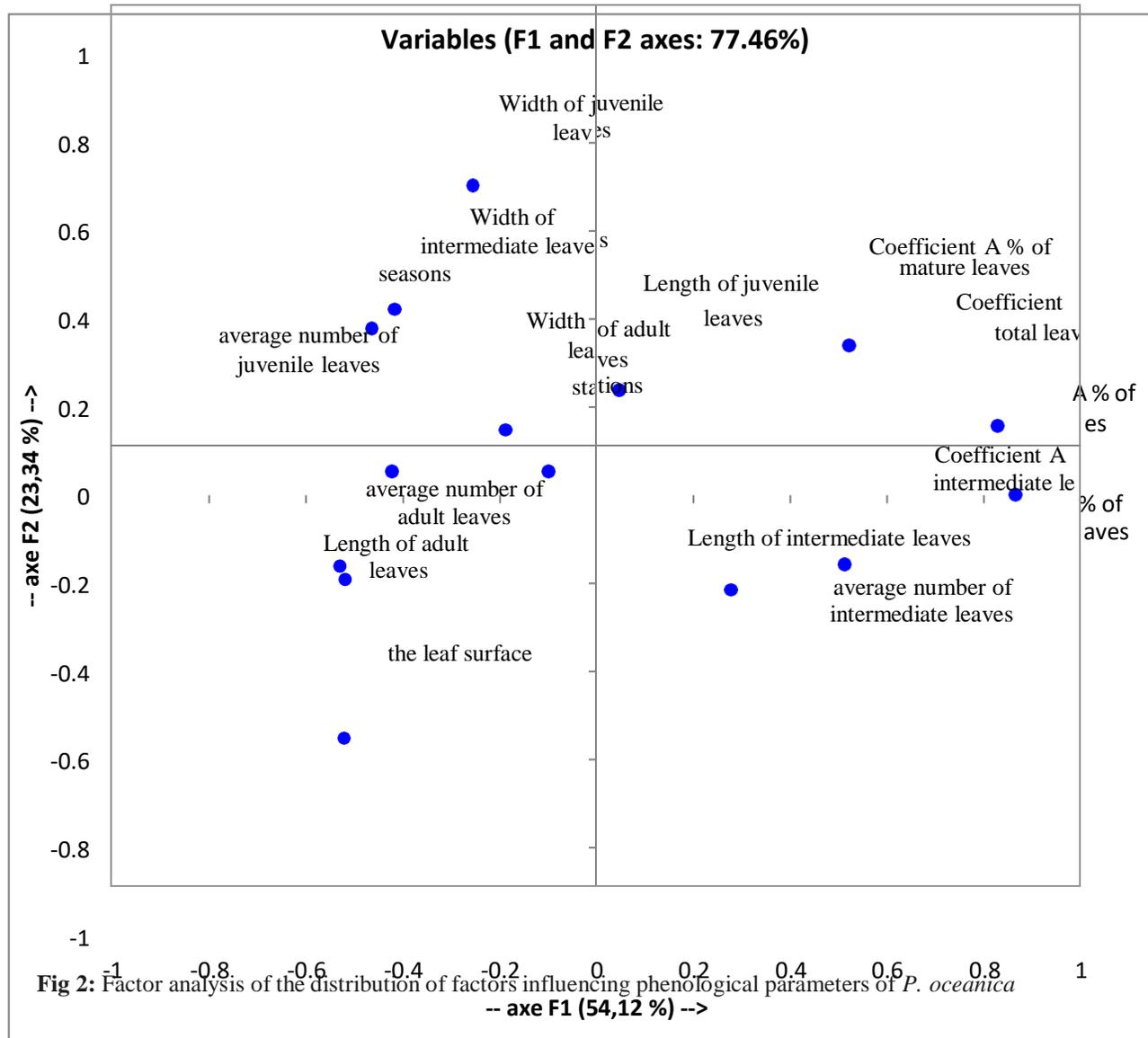
A component factor analysis performed on the phenological data allowed us to establish the correlation matrix shown in Table 7. This matrix allowed us to show that at the significance level  $\alpha=0.05$ , there are positive correlations between the seasons and the length, width and number of adult, intermediate and juvenile leaves, while the coefficient A calculated for the different leaves is negatively correlated with the seasons (Tab.7). Our results show that geographical location and station characteristics are positively correlated with the number of adult leaves and negatively correlated with the number of intermediate leaves and the A-coefficient calculated on the overall leaves sampled (Tab.7).

**Table 7:** Correlation matrix between the different phenological parameters studied

	Stations	Season	Length of adult leaves	Length of intermediate leaves	Length of juvenile leaves	Width of adult leaves	Width of the intermediate	Width of juvenile leaves	average number of adult leaves	average number of intermediate leaves	average number of juvenile	Coefficient A % of adult leaves	Coefficient A % of intermediate leaves	Coefficient A % of total leaves	The leaf surface
Stations	1	0,030	0,006	0,024	0,052	0,043	0,083	0,126	0,222	0,133	0,063	0,030	0,056	0,187	0,065
Season	0,030	1	0,126	0,232	0,009	0,234	0,382	0,348	0,179	0,324	0,239	0,195	0,420	0,282	0,018
Length of adult leaves	0,006	0,126	1	0,006	0,084	0,063	0,201	0,060	0,322	0,279	0,156	0,257	0,463	0,370	0,503
Length of intermediate leaves	0,024	0,232	0,006	1	0,055	0,012	0,034	0,148	0,090	0,237	0,151	0,134	0,320	0,297	0,150
Length of juvenile leaves	0,052	0,009	0,084	0,055	1	0,012	0,051	0,345	0,069	0,030	0,086	0,013	0,037	0,033	0,072
Width of adult leaves	0,043	0,234	0,063	0,012	0,012	1	0,211	0,140	0,078	0,124	0,064	0,052	0,142	0,060	0,101
Width of the intermediate leaves	0,083	0,382	0,201	0,034	0,051	0,211	1	0,360	0,161	0,388	0,208	0,042	0,332	0,153	0,106
Width of juvenile leaves	0,126	0,348	0,060	0,148	0,345	0,140	0,360	1	0,046	0,277	0,068	0,121	0,176	0,072	0,058
average number of adult leaves	0,222	0,179	0,322	0,090	0,069	0,078	0,161	0,046	1	0,242	0,296	0,310	0,375	0,432	0,434
average number of intermediate leaves	0,133	0,324	0,279	0,237	0,030	0,124	0,388	0,277	0,242	1	0,270	0,088	0,409	0,378	0,095
average number of juvenile leaves	0,063	0,239	0,156	0,151	0,086	0,064	0,208	0,068	0,296	0,270	1	0,198	0,376	0,348	0,089
Coefficient A % of adult leaves	0,030	0,195	0,257	0,134	0,013	0,052	0,042	0,121	0,310	0,088	0,198	1	0,484	0,578	0,390
Coefficient A % of intermediate leaves	0,056	0,420	0,463	0,320	0,037	0,142	0,332	0,176	0,375	0,409	0,376	0,484	1	0,790	0,363
Coefficient A % of total leaves	0,187	0,282	0,370	0,297	0,033	0,065	0,153	0,072	0,432	0,378	0,348	0,578	0,790	1	0,352
The leaf surface	0,065	0,01	0,503	0,150	0,07	0,101	0,106	0,0	0,434	0,0	0,089	0,3	0,3	0,3	1

		8		2		58		95		90	63	52	
--	--	---	--	---	--	----	--	----	--	----	----	----	--

The factorial analysis (AFC) on the 16 variables studied in the six study stations and during the 4 seasons (384 variables in total) is presented by figure 2. The analysis allowed us to show that the meteorological variables are those that influence the phenological parameters of *P. oceanica*. The plane of the two axes explains 77.46% of the total variability, while the F2 axis explains only 23.34% of the variability (Fig. 2). We can distinguish two groups of variables that are essentially opposed to each other on the F1 axis. The first group, at the positive pole, is essentially composed of the A coefficients calculated for the three types of leaves studied, and the second group, at the left pole of the graph, is composed of seasons, stations, leaf area, length, width and number of leaves (Fig. 2).



#### 4. Discussion

In our study, we reported that the maximum value of mean number of *P. oceanica* global leaves is recorded at S6 in autumn because the sample majorities were taken at depths greater than 4m, where hydrodynamics is moderate. While the minimum value is recorded at S4 in autumn where the sampling was done at depths

less than 2m and therefore more exposed to hydrodynamics. Our results corroborate those of [29] but contradict those of [30], [25] who report that its maximum is reached in summer or winter.

The decrease in mean number of total *P. oceanica* leaves in autumn at S4 would be related to the exposure to strong hydrodynamics in this study station as found by [30], [25] in autumn, the mean number of total leaves is lower than that obtained by [31] and higher than that obtained by [25].

Comparing the average number of adult leaves per season, the highest number is found for those recovered in autumn at S6 (with >4m), due to the reduced hydrodynamics in this station. In addition, [32] estimated that the maximum elongation of *P. oceanica* leaves is faster in November and December, the minimum number is reported at S4 in winter, because the leaf fall rate which is influenced by hydrodynamics [33]. Our results also show that the average number of adult leaves is lower than that found by [30], [31], [34] and higher than that found by [25] [33].

The intermediate leaves average number remains relatively low whatever the year period and the station considered, compared to adult leaves [35]. The average number of intermediate leaves is maximum at S1 in winter and minimum at S6 in the summer season, our results agree with those of, [36], [37], [25] and are higher than those found by [30].

The seasonal variation in the juvenile leaves average number for all stations is with a maximum recorded in summer and a minimum recorded in spring at S1, the juvenile leaves appear throughout the year, with a maximum in autumn and a minimum between winter and spring [39] as pointed out [34].

The average length of the overall leaves is maximal in spring in S3 and minimal in winter in S4, the leaf fall rhythm and formation explains this variation [25], [27], [28], [30], [31], [34], [38].

The average width of adult leaves varies slightly with the seasons in all stations, this value is between 1.05 at S5 in summer and 0.81 at Cap rosa in winter, the extreme values (maximum and minimum) coincide with those of the overall leaves of S5 and S6. These high values could correspond to a response to particular environmental conditions [40] on the eastern coasts of Tunisia. Our results are lower compared to those found by [31], [34], [25] [30]. The intermediate leaf width maximum is in S5 in summer and a minimum in S6 in the winter period. This can be explained by the environmental conditions influence [25], [31], [38], [41], [42].

The mean width of juvenile leaves differs markedly from one site to another. The values obtained in this work are higher than those obtained by [34] and lower than those obtained by [31].

Our results show that the maximum *P. oceanica* leaf area is in spring, exactly at S3, and its minimum area in winter, at S4.

The leaf areas of *P. oceanica* leaves are the largest in spring compared to other seasons. Our results show that the maximum leaf area of *P. oceanica* is 289.26 cm<sup>2</sup> in spring in S3, and its minimum area is 86.82 cm<sup>2</sup> in winter in S4, our results are higher than those obtained by [31], [25] [38], and lower than those obtained by [34].

The average A-coefficient of the overall leaves of *P. oceanica* varies with seasons, the highest value of the coefficient A of the global leaves is 80.79% recorded at S4 during the spring season when the epiphytic

cover is at its maximum as indicated by [43] and the minimum value is 0.4% recorded at S6 in summer. Our results are lower than those obtained by [25], [38], [34] and higher than those obtained by [31].

The average A-coefficient of adult leaves reaches its maximum 100% in S2 in winter and its minimum of 56.81% in S1 in autumn. Our results corroborate those of [31], [25] and superior to those obtained by [38].

The average A coefficient of intermediate leaves reaches its maximum 62% in S4 in spring and its minimum is 0% in the station S5 and S6 in summer. Our results are lower than those obtained by [25] and higher than that obtained by [38].

## 5. Conclusion

The main objective of this study is to make a report of the state of health of the *P. oceanica* meadows at six sites in the Gulf of Annaba.

The phenological parameters of this work have higher values in late spring and summer which could be due to hydrodynamics, increased temperature and brightness, the lower values of phenological parameters studied are probably due to anthropogenic effects such as coastal development and chemicals from agricultural areas adjacent to the site.

Finally, this study constitutes an important data on the Posidonia meadow of the Gulf of Annaba. It is estimated that the state of this meadow is much degraded in recent years.

## 6. Acknowledges

We thank Professor BOUSLAMA Zihad, director of the research center in Environment Annaba and Professor BENSOUILAH Mourad director of the laboratory of ecobiology of marine and coastal environments for their help in the practical implementation of this work.

## 7. References

- [1] C. Den hartog. The sea-grasses of the world verhomdelingen der koninklijke nederlandse akademie van wetenschappen, AFD, natuurkunde. Tweede Reeks. NorthHolland pub Netherl, 59 Volume 1, pp. 1-275, 1970.
- [2] C.F Boudouresque. Les herbiers à Posidonie. France : RAMOGE pub, 2006.
- [3] M. Zalokar. Les associations "sous-marines" de la côte adriatique au dessous de Velebit. Bull.Soc.Bot.Genève, 1942.
- [4] H. Gamulin-Brida, A. Pozar, A. Simunovic, and A. Span. Les consequences biologiques de la pollution des eaux marines sur les biocénoses benthiques. Groupement des biocénoses benthiques de la mer Adriatique du point de vue de pureté des eaux. Atti Coll.neternazion. Oceanogr.Medit, Volume 5, pp. 137-159, 1973.
- [5] H. Gamulin-Brida. Biocenoses benthiques de la mer Adriatique. Acta adriatica, Volume 15(9), pp.3-102, 1974.
- [6] C.F Boudouresque, A. Meinesz. Découverte de l'herbier de posidonies. Cahier parc nation, Volume 4, pp. 1-79, 1982.

- [7] G. Pergent. Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Oceanis* 17, Volume 4, pp. 341-350, 1991.
- [8] C.F. Boudouresque, V. Gravez, A. Meinesz, H. Molenaar, G. Pergent, and P. Vitiello. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : Protection légale et gestion. In : *Pour qui la Méditerranée au 21 ème siècle - Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée*. pp. 209- 220, 1995.
- [9] G. Procaccini, M.C Buia, M.C Gambi, M.Perez,G Pergent, C. Pergent-Martini and J.Romero . Seagrass status and extent along the Mediterranean coasts of Italy, France and Spain. eds. *World Atlas of Seagrass: Present status and future conservation*. University of California, 2003.
- [10] C. F. Boudouresque, G. Bernard, P. Bonhomme, E. Charbonnel, G. Diviacco, A. Meinesz, G.Pergent, C.Pergent-Martini, S.Ruitton, and L.Tunesi. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. publication, Tunis. pp. 202, 2012.
- [11] R. Costanza, R. Arge, R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, RV. O'Neill, J. Paruelo, RG. Raskin, P. Sutton, and M. van den Belt. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, Volume 387, pp. 253-260, 1997.
- [12] J.M. Ruíz, C.F. Boudouresque, S. Enríquez. Mediterranean seagrasses. *Bot. Mar*, volume 52, pp. 369- 381, 2009.
- [13] P.Vassallo, C. Paoli, A. Rovere, M. Montefalcone, Morri C, and CN. Bianchi. The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Mar Pollut Bull* 75, Volume 1, pp. 157-167, 2013.
- [14] J.M. Peres. La régression des herbiers de posidonie. *International Workshop P. oceanica Beds*. pp. 445-444, 1984.
- [15] D. Krauss-Jensen, D.A.E, H. Cunhah, CCMAR. and T. Greve. Heave seagrass distributon and abundance changed, European seagrasses: an introduction to monitiring and management. *The M&MS project*. pp. 33-40, 2004.
- [16] L. Tunesi and C.F. Boudouresque. Les causes de la régression des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) France: ramoge, 2006.
- [17] F. Kucuksezgin, A. Kontas, O. Altay, E. Uluturhan and E. Darilmaz. Assessment of marine pollution in izmir bay: Nutrient, heavy metal and total hydrocarbon concentrations. *Environment International*, Volume 32, pp. 41-51, 2006.
- [18] F.T SHORT, and E. Wyllie. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental conservation*, volume 23, pp. 17-27, 1996.
- [19] R.J. Orth, T.J.B. Carruthers, W.C. Denninson, C.M. Duarte, J.W. Forqurean, J.R.K.I. Heck, A.R. Ughes, G.A. Kendrick, W.J. Kenworthy, S. Olyarnik, F.T. Short, M. Waycott and S.I. Williams. Aglobal crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience*, Volume 56, pp. 987-996, 2006.
- [20] H.Augier. L'herbier à *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur

comme indicateur biologique de l'état de santé de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact. Vie marine, Volume 7, pp. 85-113, 1985.

[21] G. Pergent, C. Pergent-Martini C. et C.F, Boudouresque. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : état des connaissances. Mésogée, Volume 54, pp. 3 -29, 1995.

[22] T.J. Ward. The accumulation and effects of metals in seagrass habitats. In: Larkum A.W.D., McComb A.J., Shepherd S.A. edits. Biology of seagrasses, Aquatic Plant Studies 2. Elsevier, pp. 797-820, 1989

[23] S. Boutabia. *Posidonia oceanica* (L) Delile, Bioindicateur de la pollution métallique du golfe d'Annaba (Nord Est Algérien). Tesis doctoral. Speciality Biologie Végétale. universite Badji Mokhtar Annaba. pp. 238, 2016.

[24] G. Giraud. Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (L.) delile en méditerranée. Rapp.Comm.int.Mer Médit, Volume 24(24), pp. 126-130, 1977.

[25] F. Chahrour, S. Boumaza, R. Semroud, and Z. Boutiba. Phenology of *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile in the west coast of Algeria. International Journal of Asian Social Science, Volume 3, pp. 240-254, 2013

[26] E.A. Drew. Botany. Underwater science. An introduction to experiments by divers. London: Woods & Lithogoe, 1971.

[27] M.C. Buia, V. Zupo, and L. Mazzella. Primary production and growth dynamics in *Posidonia oceanica*. Mar. Ecol., Volume 13, pp. 2-16, 1992.

[28] J.L. Sanchez-Lizaso. Estudio de la predera de *Posidonia oceanica* (L.) delile de la reserva marina de tabarca : Fenología y producción primaria. Tesis Doctoral, université de alacante, 1993.

[29] G. Pergent and C. Pergent-Martini. Phénologie de *Posidonia oceanica* (L.) delile dans le bassin méditerranéen, Volume 64, pp. 79-100, 1988.

[30] F. Tektek, F. Chahrour, S. Dermeche, F. Haddad, and M. Bouderbala. Evaluation of the health status of the *Posidonia oceanica* (Linné, 1813) delile herbarium of a protected area: case of Rachgoun Island (Benisaf, Algeria). INDIAN JOURNAL OF APPLIED RESEARCH, Volume 7 Issue-10.

[31] A. Bouchher. Contribution de la biomasse des épiphytes de *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 à l'apport de matière organique au substrat de l'herbier. Côte de Mostaganem. Tesis Magister. Speciality : Connaissance, Valorisation et Gestion de la Biodiversité Marine Côtière. Université Abdelhamid ibn Badis de Mostaganem. pp. 134, 2014.

[32] G. Caye, and M. Rossignol. Etude de la variation saisonnière de la croissance des feuilles et des racines de *Posidonia oceanica*. Volume 75, pp. 79-88, 1983.

[33] I. Boudjella. Dosage des phénols chez *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la côte occidentale algérienne (Sidi Lakhdar, Cap Carbon et Ain Franin). Tesis Magister. Speciality Ecologie Marine.

Université Oran 1 Ahmed ben Bella. pp. 126, 2015.

[34] N.Belbachir. Contribution à l'étude écologique de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la frange côtière de Mostaganem : Etat de santé et relation entre plante et échinoderme. Tesis Magister. Speciality: Ressources Halieutiques. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. pp. 1-134, 2012.

[35] G. Giraud. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *P. oceanica*. Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle, Marseille Fr, Volume 39, pp. 33-39, 1979.

[36] S. Gobert. Variations spatiale et temporelle de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (Baie de La Revellata-Calvi Corse). Tesis doctoral. Speciality Océanologie Université de Liège Belgique, pp. 207, 2002.

[37] L. Mabrouk. Etude descriptive et analytique des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile sur les côtes de la région de Mahdia (Est de la Tunisie) : dynamique, distribution spatiale et temporelle, épiphytismes des feuilles et des rhizomes et bioindication. Tesis doctoral. Speciality Sciences Biologiques. Université de Sfax. pp. 248, 2012.

[38] A Khodja. Caractérisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la côte occidentale algérienne (Cap Blanc). Tesis Magister. Speciality Ecologie Marine. Université Oran. pp. 142, 2013.

[39] K.J. Wittman. Temporal and morphological variations growth in natural sand of *Posidonia oceanica*. Marine ecology 5, Volume 4, pp. 301-316, 1984.

[40] Y.R. Sghaier, R.Zakhama-Sraieb and F. Charfi-Cheikhrouha. Status of *Posidonia oceanica* meadows along the eastern coast of Tunisia, Volume 4, pp. 85 – 91, 2006.

[41] J.C. Zieman. Methods for the study of growth and production of turtle grass, *Thalassia testudinum* König. Aquaculture, Amsterdam, Volume 4, pp. 139-143, 1974.

[42] C. Pergent-Martini. 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. Tesis doctoral. Université Corse. pp. 190, 1994.

[43] L. Mazzella, M.C. Buia, M.C. Gambi, M. Lorenti, G.F. Russo, M.B. Scipione, and V Zupo. Plant- animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the Mediterranean Sea Animal Interactions in the Marine Benthos. Claderon Press, Oxford, pp. 165-187, 1992.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License.



## Attestation de Communication

Le président du premier congrès national sur

### Valorisation des Substances et Matériaux Naturels

organisé par l'équipe MeTox-Toxicomed, Université de Tlemcen du 05 au 06 juin 2021, atteste que :

**HABBECHÉ Amira**

A présenté une Communication Affichée intitulée: **Étude de l'effet de la pollution marine sur la plante *posidonia oceanica* dans le golfe d'Annaba**

Co-auteurs: BOUTABIA Saliha, HABBACHI wafa

Le Président

  
SELKA Mohammed Ali  
Maître de Conférences A  
En Pharmaciegénéraliste

1<sup>er</sup> congrès national du  
Laboratoire de Recherche  
Toxicomed équipe MeTox

Délivrée le : 06/06/2021





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
 REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
 MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
 SCIENTIFIQUE



جامعة سعد دحلب البلدية 1

Université Saad Dahlab BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

## Attestation de Participation

La présidente du 1er Séminaire International *PERTURBATEURS ENDOCRINIENS ENVIRONNEMENT & REPRODUCTION (PEER 2021)* tenu du 07 au 08 juillet 2021 à l'université Blida 1 atteste que

Mr / Mme: **HABBECHÉ Amira**

a participé activement au séminaire et a présenté une **communication E-POSTER** Intitulée:

«L'influence de la pollution et des paramètres physico-chimiques des eaux littorales de l'Est Algérien sur la phanérogame *posidonia oceanica*»

Co-auteurs : *BOUTABIAS, HABBACHI W*

Le Doyen de la Faculté des sciences de la

Nature et de la Vie  
 Prof. *MEYAL M. Saïd*



Présidente du Séminaire

Dr. **KHALDOUN Hassina**

Présidente  
 PEER - 2021





République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers



LABORATOIRE DE RECHERCHE : VALORISATION DES ACTIONS DE L'HOMME  
POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET APPLICATION EN SANTÉ PUBLIQUE

## ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le Comité Scientifique du Séminaire International sur la Biodiversité, Environnement  
et Santé organisé, les 21 et 22 Septembre 2021

Atteste que : **HABBECHÉ AMIRA**, a présenté une communication **orale** intitulée :  
« **IMPACT DE LA POLLUTION SUR LA STRUCTURE DE L'ASSEMBLAGE DES MACRO-EPIPHYTES DE  
*POSIDONIA OCEANICA* DANS LE GOLFE D'ANNABA.** »

Co-auteurs : BOUTABIA S, HABBACHI W.



Le Président du Comité Scientifique  
Dr. BOUCHIKHI TANI Zoheir

  
Dr. BOUCHIKHI TANI Zoheir  
Faculté SNV - STU  
Univ. Tlemcen



The Faculty of Sciences of Nature and Life,  
Earth Sciences and Universe



1<sup>ère</sup> Web conférence nationale sur la gestion des écosystèmes naturels face aux  
Changements globaux: A l'occasion de la COP26 à Glasgow (UK) - The 26th session of the Conference of the Parties  
Organisé à Tlemcen le 11 Novembre 2021

### ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le président du séminaire CENGEN1 2021 certifie que :

**Mme, Melle, M:** HABBECHÉ AMIRA

A présenté une communication affichée intitulée :

«Impact des changements environnementaux sur l'état de santé de l'écosystème aquatique à travers  
la plante *Posidonia oceanica* dans le golf d'Annaba»

**Co-auteurs :** BOUTABIA SALIHA et HABBACHI Wafa

Président du séminaire

1<sup>ère</sup> Web conférence nationale sur  
la gestion des écosystèmes naturels  
face aux changements globaux  
CENGEN' 2021

P. HASNAQUI Okkacha  
Université de Moulouy - Saïda

Président du comité Scientifique

Pr. MERZOUK Abdessamad  
ENSEIGNANT-CHERCHEUR  
UNIVERSITÉ DE TLEMCEM  
abdessamad.merzouk@univ.tlemcen.dz  
legen2014@gmail.com  
Tel: 0771 65 52 86

Directeur du laboratoire

Ecology and Management  
Laboratory of Natural Ecosystems  
Laboratoire d'Ecologie et Gestion  
des Ecosystèmes Naturels  
مخبر علم البيئة و تسيير النظم البيئية الطبيعية  
https://egen.univ-tlemcen.dz  
MESRS - DGRSDT - ATRSNV

Site : <https://univ-tlemcen.dz/fr>, <https://egen.univ-tlemcen.dz/>, Courriel : [legen2014@gmail.com](mailto:legen2014@gmail.com)



جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
Université Mohamed Bouafia - M'sila

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mohamed Boudiaf de M'sila  
Faculté des Sciences  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie  
Laboratoire de la biodiversité et techniques biotechnologiques de la valorisation  
des ressources végétales (BTB-VRV)



جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
Université Mohamed Bouafia - M'sila

**International Seminar on Biodiversity, Valorization and  
Conservation of Urban and Forest Ecosystems:  
(In support of sustainable development)**

28.29-.04.2021

## **ATTESTATION DE PARTICIPATION**

Le comité scientifique du Séminaire atteste que :

Melle/Mme/Mr : **HABBECHÉ Amira.**

A présenté une **Communication affichée**

Intitulée : **Recherche des bioindicateurs de pollution dans le golfe d'Annaba (*Posidonia oceanica* et ses épiphytes)**

Co-auteurs : **BOUTABIA S, HABBACHI W.**

**Le Président du Séminaire**

**Dr. Rabah BOUNAR**

Univ. M. B. M'Sila  
Faculté des Sciences / SNV  
28.29-.04.2021

**Le Doyen de la Faculté des Sciences**

**Pr. Ettayib BENSACI**

عميد كلية العلوم  
بن عيسى العتيب





People's Democratic Republic of Algeria  
Ministry of Higher Education and Scientific Research (Algeria)  
Amar Thelidji University –Laghouat-  
Faculty of Sciences  
Biology department  
Laboratory of Biological and Agronomic Sciences (LSBA)



## Certificate of participation

This is to certify that  
Mrs. Habbeche Amira

Has participated in the Second National Webinar on Biodiversity, Biochemistry & Environmental Microbiology held in the university of Laghouat on 17<sup>th</sup> Octobre 2021 with a poster entitled  
«Biosurveillance de la qualite de l'eau de mer dans la region d'annaba : utilisation de la plante posidonia oceanica comme bio indicateur de la perturbation du milieu marin»

Co-authors : Boutabia Saliha , Habbachi Wafa

Directeur de Laboratoire LSBA



President  
Rechid

Second National Webinar  
On Biodiversity, Biochemistry  
and Environmental Microbiology

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Saad Dahlab Blida 1

Fundamental and Applied Physics Laboratory FUNDAPL



## Certificate of Participation

To **HABBECHÉ Amira**

*In recognition of his / her participation in the first international seminar : Impact of Covid 19  
on the environment '30<sup>th</sup> & 31<sup>st</sup> December 2020' with E-poster entitled :*

« Réponse de l'herbier de posidonie « *Posidonia oceanica* » et la communauté épiphytique aux altérations de  
l'environnement (côtes est algériennes) »

*Co-authors : BOUTABIA S and HABBECHI W.*



الأستاذة أميرة حبيبة زويير  
مدرسة الفيزياء التطبيقية والتنسيقية  
جامعة سعد داهلاب بلدة 1

General Chair  
Dr. BOUDJEMA N.





République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf- Mila  
Institut de Sciences et Technologie  
Département de Sciences de la Nature et de la Vie  
Laboratoire : Sciences de la Nature et des Matériaux (LSNM)



### Attestation de Participation par Visioconférence

Au 1<sup>er</sup> Séminaire National sur les Ressources Naturelles face aux Contraintes  
d'Usage et du Changement Climatique (SENACUC, 2021), le 04 Juillet 2021

La présidente du Séminaire Atteste que Mr/Mme : **Habbeche Amira** a présenté une Communication Orale

Sous le titre : Etude de la qualité de l'eau de mer par l'utilisation de la plante *Posidonia oceanica* comme  
bioindicateurs de pollution.

Co-auteurs : Boutabia Saliha et Habbachi Wafa.

Directeur de l'Institut



Présidente du Séminaire (SENACUC, 2021)

Dr. KHERIEF NACEREDDINE  
Saliha



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SAAD DAHLAB ELIDA 1  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET E LA VIE  
LABORATOIRE DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE, ENVIRONNEMENT ET SANTE (LBES)  
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



## *Attestation De Participation*

**Séminaire National : Ressources végétales, Produits Naturels et Santé (RVPNS2021)**

*Le comité scientifique du séminaire national Virtuel des RVPNS 2021 atteste que :*

*Dr Habbeche Amira ; boutabia S , habbachi W*

*A participé avec une Communication Affichée intitulée*

**« étude de l'importance de l'herbier de posidonie dans le golfe d'annaba »**

*Qui s'est tenu en ligne sous forme de Webinaires « visioconférences », le 9,10,11 juin 2021.*



La Présidente du séminaire RVPNS2021

**Dr. Cherif Hamida Saïda**  
**Présidente**  
**RVPNS-2021**



République Algérienne Démocratique et Populaire  
 Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
 Université Chadli Bendjedid- El Tarf  
 Faculté des sciences de la nature et de la vie  
 Département de Biologie  
 Laboratoire de Recherche sur la Biodiversité et la Pollution des Écosystèmes



**1<sup>er</sup> Congrès international de Biodiversité, Risques Environnementaux et Santé Publique**  
**-En Ligne Via ZOOM- CIBRESP, les 07 et 08 Avril 2021**

**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

La Présidente du Congrès et le Président du Comité Scientifique attestent par la présente que :

Mme/Mlle/Mr. **Habbeche Amira**, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie  
 a participé au 1<sup>er</sup> Congrès international de Biodiversité, Risques Environnementaux et Santé Publique CIBRESP, En ligne - via Zoom- les  
**07 et 08 Avril 2021** par une communication par affiche intitulée :  
 « Impact de la pollution sur la phanerogame marine *posidonia oceanica* et ses epiphytes animales (cotes est algériennes) »  
 En collaboration avec : **Boutabia S, Habbechi W.**

Le Président du Comité Scientifique  
 Pr. Nasri Ilichem

*(Signature)*  
 Pr. NASRI Ilichem  
 Professeur et Directeur de Recherche  
 Laboratoire de Recherche Biodiversité et  
 Pollution des Ecosystèmes  
 Faculté SVV, Université Chadli Bendjedid  
 W El-Tarf

La Présidente du Congrès  
 Dr. Djabali Nacira

*(Signature)*  
 Université Chadli Bendjedid - El-Tarf  
 Dr. DJABALI Nacira  
 Présidente du 1<sup>er</sup> Congrès International  
 Biodiversité, Risques Environnementaux Et  
 Santé Publique CIBRESP En Ligne Via ZOOM  
 Les 07 et 08 Avril 2021





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

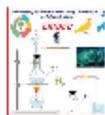
People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

قسم علوم الطبيعة والحياة - كلية العلوم - جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة-

UNIVERSITY 20 August 1955 - SKIKDA- Faculty of Sciences- Department of Natural and Life Sciences



CERTIFICATE

OF ATTENDANCE

*Habbeche Amira*

For attending :

**1st International Seminar on Pollution, Health,  
Environment and Bio-monitoring**

SIPSEB'21 DECEMBER 27-28, 2021, SKIKDA, ALGERIA

And Presenting **E-Poster** entitled :

**Etude Prelliminaire Des Effets Nocifs De La Pollution Urbaine And Industrielle Sur La Phanerogame  
« Posidonia Oceanica (L.) Delle 1813 » And Ses Epiphytes Dans Le Golfe D'Annaba**

**Authors:** Habbeche Amira, boutabia saliha, Habbachi wafa

CONFERENCE CHAIR

*Dr. BOUCETTA Sabrina  
Maître de Conférences A*

SIGNATURE

Université 20 Août 1955 Skikda  
Faculté des Sciences  
Séminaire International de Pollution,  
Santé, Environnement et Bio-monitoring  
SIPSEB 2021



Parc National de Tlemcen



Réseau de BIOSPHERE



Laboratoire de Biodiversité Végétale  
Conservation & Valorisation



Association In terre verte



Association Nationale Algérienne  
d'Ornithologie



Laboratoire Ecologie et Gestion des  
Ecosystèmes Naturels



Centre de Recherche Scientifique  
et Techniques sur les Régions  
Arides (CRSTRA)

## شهادة مشاركة

### ATTESTATION DE PARTICIPATION

Attribuée à : HABBECHÉ Amira

Co-auteurs : BOUTABIA Saliha ,HEBBACHI Wafa

Université Badji Mokhtar Annaba

Pour leur participation au 1er Séminaire National en ligne (Webinaire) sur les Zones Humides en Algérie organisé à Tlemcen, le 02 Février 2021, avec une communication orale intitulée :

L'utilisation de l'herbier de posidonie et ses épiphytes comme un bioindicateur de la qualité du milieu marin

(Côte Est Algériennes)

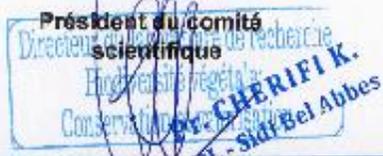
رئيس المؤتمر

Président du Colloque



رئيس اللجنة العلمية

Président du comité  
scientifique



Représentant du CRSTRA

BENZOUHRA Ibrahim elkhali  
Directeur de la Station  
Expérimentale Du Milieu Biogéochimique  
de NAADWA





ANNABA



2<sup>ème</sup> Séminaire National de  
**TOXICOLOGIE**

LES 16 ET 17 MARS 2022

Attestation  
de Communication

Affichée



BÉNÉFICES  
*Compléments*  
Alimentaires

R  
S  
EUC

Le président du séminaire atteste que :

**Mme HABBECHÉ Amira**

*Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques,  
Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba*

A affiché le poster N° 126 intitulé :

« **ETUDE DE L'EFFET TOXIQUE DE LA POLLUTION  
MARINE SUR LA FAUNE ET LA FLORE  
AQUATIQUE "Posidonia oceanica" DANS LE  
GOLFE D'ANNABA** »

Co-auteurs : *BOUTABIA S., HABBACHI W.*

**LE PRÉSIDENT**



الأستاذ الدكتور  
رشيد جعفر